



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa

A FITOMONITORIZAÇÃO COMO FERRAMENTA NO ESTUDO DO IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM VITICULTURA

Diogo Miguel Zibaia Madeira Inês

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientador: Professor Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes

Júri

Presidente: Doutor Pedro Jorge Cravo Aguiar Pinto, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Vogais: -Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutor José Manuel Couto Silvestre, Investigador Auxiliar do Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I.P.

Lisboa, 2011

Agradecimentos

À Mãe por todo o carinho, confiança e dedicação em todos estes anos.

Ao Pai pela referência que tem sido para mim em toda a minha vida.

Ao Mano por toda amizade e carinho, em todas as horas.

Este espaço que é dedicado àqueles que deram a sua contribuição e que sem a sua colaboração não teria sido possível realizar esta dissertação. A todos eles deixo aqui o meu agradecimento sincero.

Ao Prof. Carlos Lopes da forma como orientou o meu trabalho, as valiosas contribuições, o incentivo e disponibilidade demonstrada em todas as fases que levaram à sua concretização e a aposta que fez em mim.

Agradeço ao Eng. José Silvestre, Eng. João Paulo e Eng. Vanda Pedroso pela disponibilidade e colaboração demonstrada, sem a qual teria sido muito difícil concluir com sucesso este trabalho.

À equipa do LEM no ITQB, Ana Regalado, Ana Rodrigues, Miguel Costa, Olfa Zarrouk, Rhaissa Santos, Rita Francisco, Ana Rita e em particular a Prof. Manuela Chaves, pelo apoio demonstrado durante a minha passagem pelo ITQB.

Congratulo os meus amigos em particular, João Fialho, Pedro Janeiro, Pedro Guiomar, Francisco Castelo Branco, Rosangela Payer e Joana Martins pela amizade sincera, colaboração e incentivo demonstrada durante o decorrer desta dissertação, assim como durante toda a minha vida académica, sem a qual teria sido muito difícil concluir com sucesso este trabalho.

À minha sincera amiga Márcia por todo o apoio e dedicação prestada desde sempre.

Agradeço a Ana Valério pelo apoio e carinho em algumas das alturas mais difíceis.

Aos amigos não menos importantes Marco, Nelson, Pedro Serrão, Rui, Diogo Maria e todos os outros que nestes últimos anos me têm ajudado nesta caminhada.

Resumo

O presente trabalho apresenta resultados de dois ensaios instalados nas regiões vitícolas de Lisboa (Dois Portos) e Dão (Nelas), onde foram estudados alguns dos factores ambientais determinantes na fisiologia da videira, casta “Touriga Nacional”, numa perspectiva de estudo do impacto das alterações climáticas na viticultura. Em ambos os ensaios estudou-se o clima da região nos períodos 1971-2000 e 2001-2009. Através da fitomonitorização determinou-se o efeito do *terroir* no microclima do coberto, no potencial hídrico foliar, nas trocas gasosas, na temperatura da folha e do bago e nas variações do diâmetro do bago e do tronco. Diferentemente do que se verificou no período 1971-2000, nos últimos 10 anos ocorreram aumentos da temperatura média nos dois terroirs. No ensaio de Nelas verificaram-se temperaturas extremas de 40 °C as quais induziram um decréscimo acentuado da fotossíntese. Em Dois Portos a temperatura máxima da folha foi sempre inferior a 35°C durante o período da floração à vindima pelo que a taxa fotossintética não apresentou decréscimos tão acentuados como em Nelas. A temperatura do bago em ambos os terroirs atingiu valores superiores a 40°C, tendo-se verificado fortes variações do diâmetro do bago devido às perdas de água por transpiração. As temperaturas da folha são superiores no *terroir* de Nelas do que em Dois Portos, inibindo a fotossíntese com consequências negativas na maturação, embora as produções não apresentem diferenças.

Palavras-chave

Vitis vinífera L., fitomonitorização, alterações climáticas, “Touriga Nacional”.

Abstract

The current study presents results from two experiments carried out in two vineyards, one in the region of Lisbon (Dois Portos) and the other one in Dão (Nelas). Some important environmental factors for the vine physiology, variety Touriga Nacional, were studied, with the aim of understanding the impact of climate changes on viticulture. In both experiments the climate data analysed was from the periods of 1971 to 2000 and 2001-2009. Using a phytomonitor with several sensors we determined the effect of the terroir on canopy microclimate, on leaf water potential, gas exchange, leaf and berry temperature and on the berry and trunk diameter. For the period 1971 to 2000 and in the last 10 years there were increases in average temperature in both terroirs. In the Nelas experiment extreme temperatures of 40°C were recorded, which induced a decrease in photosynthesis. In the Dois Portos experiment the maximum leaf temperature was always below 35°C during the period of flowering until harvest, so the decrease of the photosynthetic rate was smaller compared to Nelas. The temperature of the berries in both terroirs reached values above 40°C, which led to a high variation in the berry diameter due to water losses by transpiration. Leaf temperatures were higher in Nelas terroir, causing an inhibition of photosynthesis with negative consequences in berry composition, although the yield was similar.

Key Words

Vitis vinífera L., assimilate, climate change, “Touriga Nacional”.

Extended Abstract

The climate is the result of observations, measurements and systematic recording of elements such as the air temperature and precipitation, in a specific region over a long period of time. Variations of climate can arise from one year to another or from a decade to another. Following all the climate changes, viticulture has to innovate and adopt strategies for greater control of the plant and surrounding environment. In its traditional environment, the vine (*Vitis vinifera* L.) is frequently submitted to extreme climate conditions. Water deficit combined with high temperatures during the ripening season affects negatively the quantity and quality of the grape produced.

This paper presents results from two experiments in two different regions, Lisbon (Dois Portos) and Dão (Nelas). In both experiments the environmental factors related to the vine species "Touriga Nacional" physiology were determined, aiming to study the impact of climate changes in viticulture.

The Dois Portos experiment is located near the Atlantic Ocean that affects the climate of this region. On the other side, the Nelas experiment is located in the centre of the country, being influenced by the continental effect, which can lead to an increase in the temperature of the region. In the analysis of the climate data over the past 10 years, a clear increase in temperatures and a decrease in precipitation in both *terroirs*, can be observed.

In both *terroirs* the hedges didn't show a significantly different thicknesses. What regards the hedge's heights there were some differences, in Nelas the hedge is considerably higher when compared to Dois Portos. This difference is due to the conduction systems taken in each *terroirs*. In Nelas the distance in the line is smaller and the hedge's height is bigger compared to Dois Portos, this can lead to a shadow zone on the adjacent line at some hours of the day.

In what regards to the leaf's temperature in Nelas *terroir* it is above 35°C causing a drastic inhibition of photosynthesis. However, in the Dois Portos experiment the leaf temperature only exceeds 35°C in 2 of the 122 days analysed.

In both experiments the precipitation has tended to decline in all seasons of the year, this will increase the plant's water stress. Studying the water potential of the base and the stem there is a moderate stress during the period studied (1/7 to 13/9) in both *terroirs*.

The time between veraison stage and harvest is different according to the experiment. In Dois Portos this period was 65 days with an alcohol value of 12,5%V/V. In the Nelas *terroir* the time was 57 days with an alcohol value of 11,6%V/V. As we can see this period between

veraison stage and harvest is shorter in Nelas *terroir*, although the higher temperatures have led to inhibition of photosynthesis and the subsequent ripeness arrest, it appears that due to this ripeness arrest the alcohol level is also lower in Nelas experiment. This anticipation of the harvest in the Nelas *terroir* is due to unfavourable weather conditions expected during that period.

Regarding yield, Nelas *terroir* showed lower values when compared to Dois Portos *terroir*. The difference in temperature and soil humidity has negative influence on the Nelas *terroir* production. These environmental parameters have led to a lower amount of fotoassimilates, reducing the yield per hectare. The number of bunches per hectare has also significantly different values. The weight per bunch is similar in both *terroirs*, due to the fact that both were grafted in the same rootstock, giving them identical characteristics.

Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Extended Abstract.....	IV
Índice de Quadros.....	IX
Índice de Figuras.....	X
Abrevituras e símbolos.....	XIII
I - Introdução.....	1
II – Revisão Bibliográfica.....	2
II.1. – Alterações Climáticas.....	2
II.2.1. Alterações Climáticas na Região do Mediterrâneo.....	4
II.2. Fitomonitorização da Viticultura.....	8
II.3. Alterações Climáticas e a Viticultura.....	11
II.4. Ecofisiologia da Videira.....	15
II.4.1. Radiação.....	15
II.4.2. Temperatura.....	16
II.4.3. Água na Planta.....	17
II.4.4. Fotossíntese.....	17
II.5. Casta “Touriga Nacional”.....	19
Objectivo do Trabalho.....	20
III – Material e Métodos.....	21
III.1. – Caracterização da Parcela de Ensaio.....	21
III.1.1. Região de Lisboa.....	21
III.1.1.1. Descrição da parcela Experimental.....	21
III.1.1.2. Clima.....	22
III.1.1.3. Solo.....	23
III.1.2. Região Vitivinícola do Dão.....	23

III.1.2.1. Descrição da parcela Experimental.....	23
III.1.2.2. Clima	24
III.1.2.3. Solo	25
III.2. – Material Vegetal.....	25
III.3. – Metodologias de Fito-sensores	26
III.3.1. Instalação dos Sensores de Recolha de Dados Continua	26
III.3.1.1. Dendrômetros	26
III.3.1.2. Sensor de Temperatura	27
III.4. – Medições da Actividade Fisiológica da Videira.....	28
III.4.1. Estados Fenológicos.....	28
III.4.2. Sensor de Humidade do Solo.....	28
III.4.3. Potencial Hídrico Foliar	28
III.4.4. Trocas Gasosas ao Nível dos Estomas	29
III.5. – Caracterização da Densidade do Coberto	30
III.5.1. Dimensão do Coberto.....	30
III.5.2. Área Foliar	30
III.5.3. Número de Camada de Folhas	31
III.6. – Evolução da Maturação.....	32
III.7. – Vindima	32
III.8. – Delineamento estatístico	32
IV – Resultados	33
IV.1. – Evolução Climática	33
IV.2. – Dados Climáticos do Ano 2010 e a Evolução dos Estados Fenológicos	36
IV.3. – Caracterização do Coberto.....	37
IV.4.1. Humidade do Solo	40
IV.4.2. Potencial Hídrico	43
IV.4.3. Trocas gasosas	46

IV.4.3.1. Evolução da temperatura, fotossíntese e condutância estomática ao longo do ciclo numa folha exposta.....	46
IV.4.3.2. Efeito da Nebulosidade do Dia no Coberto Vegetal.....	48
IV.4.3.3. Efeito da Posição da Folha no Coberto Vegetal	49
IV.4.3.4. Efeito da Temperatura e do Estado Hídrico do Solo na Fotossíntese ao Longo do Ciclo	53
IV.4.3.5. Efeito do <i>Terroir</i> na Fotossíntese Diária.....	55
IV.4.3.6. Respiração.....	59
IV.5. – Fitossensores de Recolha Contínua	60
IV.5.1.Evolução da Temperatura da Folha ao Longo do Ciclo	60
IV.5.2. Evolução da Temperatura do Bago ao Longo do Ciclo.....	65
IV.5.3. Evolução do Diâmetro do Bago ao Longo do Ciclo	67
IV.5.4. Evolução do Diâmetro do Tronco ao Longo do Ciclo	70
IV.6. – Rendimento e Qualidade	72
IV.6.1. Evolução da Maturação	72
IV.6.2. Produção	74
V. Conclusões	74
VI. Referências Bibliográficas.....	75

Índice de Quadros

Quadro 1- Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) nos parâmetros caracterizadores da densidade do coberto vegetal.	38
Quadro 2 – Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na produção a vindima.	74

Índice de Figuras

Figura 1 - Exemplo de factores externos que forçam o clima (adaptado de Brandão, 2006).	2
Figura 2 - Anomalias da temperatura anual global do ar ($^{\circ}\text{C}$) à superfície da parte emersa da Terra e do mar, entre 1861 e 2000, comparativamente ao valor médio do período entre 1961 e 1990. O erro anual é representado por uma barra. (adaptada de Albritton et al., 2001).	4
Figura 3 - Resposta da fotossíntese total à temperatura, para concentrações elevadas e ambientais de CO_2 , em plantas C_3 . A fotossíntese líquida (zona sombreada) é igual à diferença entre a fotossíntese total para concentrações naturais de CO_2 (curva inferior) e a respiração à luz (essencialmente fotorrespiração) ($T_{\text{mín.}}$ – temperatura mínima; $T_{\text{ópt.}}$ – temperatura ótima; $T_{\text{máx.}}$ – temperatura máxima) (adaptada de Brandão, 2006).	7
Figura 4 - Relação entre alguns factores ambientais e processos fisiológicos (fotossíntese e respiração), bem como a temperatura ótima de fotossíntese. Adaptado de Mendonça (2005).	7
Figura 5 - Conjunto de sensores numa videira e recepção de dados num computador. (adaptado phytech, 2010).	9
Figura 6 - Quinta da Almoinha em Dois Portos, a parcela delimitada mostra a localização do ensaio (adaptado Google Earth).	22
Figura 7- Quinta da Cale em Nelas, a parcela delimitada mostra a localização do ensaio (adaptado Google Earth).	24
Figura 8- Mastro de suporte de transmissão de dados. (fotografia de autor)	26
Figura 9- Pinça responsável pela medição do diâmetro (fotografia do autor).	27
Figura 10 – Sensor de temperatura do bago (A) e da folha (B). (Fotografia do autor).	28
Figura 11– Posição da folha na recolha de dados.	30
Figura 12– Dimensão do coberto.	30
Figura 13- Face superior de uma folha de videira.	31
Figura 14a - Comparação da temperatura e precipitação nos períodos de 1971-2000 e 2001-2009 na região de Lisboa.	35
Figura 15 – Gráfico termopluviométrico com os dados dos primeiros 10 meses do ano de 2010, na região de Lisboa e região Demarcada do Dão e os principais estados fenológicos do ano em estudo (2010) segundo a escala de Baggiolini.	37
Figura 16 -Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na percentagem de buracos na sebe (%Buracos), percentagens de folhas no interior do coberto (% Fint), percentagem de cachos expostos (%Cexp) e no número de camada de folhas (NCF).	40
Figura 17- Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na variação da humidade volúmica do solo a diferentes profundidades (10, 30, 60 e 90 cm) durante o período de maturação.	41

Figura 18 -Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na humidade volúmica do solo (mm). Média \pm erro padrão de 4 tubos de acesso.....	42
Figura 19 - Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) no Potencial Hídrico foliar de base (4h) e potencial hídrico do ramo (14h). Média \pm erro padrão de 10 folhas.....	44
Figura 20- Relação entre o potencial hídrico do ramo e o potencial hídrico de base.....	45
Figura 21– Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na Temperatura da folha, Fotossíntese (A) e Condutância Estomática (gs), numa folha na posição média exposta no período do meio dia solar (13h30min), ao longo do ciclo (Floração à Maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.....	47
Figura 22- Efeito da radiação fotossinteticamente activa (PAR), na fotossíntese (A) da sebe, numa folha exposta na posição natural no lado nascente ate as 13:30 e do lado poente na medição das 16:30. Média \pm erro padrão de 10 folhas.....	49
Figura 23– Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na fotossíntese (A) numa folha no interior do coberto vegetal, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.	51
Figura 24- Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na fotossíntese (A) numa folha basal exposta junto aos cachos, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.....	51
Figura 25 - Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na fotossíntese (A) numa folha média exposta, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.	52
Figura 26- Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na fotossíntese (A) numa folha do topo da sebe exposta, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.....	52
Figura 27 - Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na Temperatura da folha, potencial hídrico do ramo (MPa), deficit de pressão de vapor (VPD), e a Fotossíntese (A), numa folha na posição média exposta no período Zénite do lado nascente da sebe, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.....	54
Figura 28– Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas), na fotossíntese (A) diária numa folha exposta no lado poente. Recolha de dados: <i>terroir</i> Dois Portos (17/08/2010) e <i>terroir</i> de Nelas (25/08/2010). ..	55
Figura 29– Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas), na fotossíntese (A), Temperatura da Folha, Condutância Estomática (gs) e na Transpiração (Tr) diária numa folha exposta do lado poente da sebe. Recolha de dados: <i>terroir</i> Dois Portos (17/08/2010) e <i>terroir</i> de Nelas (25/08/2010). Média \pm erro padrão de 10 folhas.....	57
Figura 30- Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na condutância estomática (gs) numa folha média exposta, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.....	58
Figura 31– Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na eficiência instantânea do uso da água (WUE) e na transpiração (Tr), ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.....	59
Figura 32 – Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na respiração e na temperatura da folha, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas	60

Figura 33 - Efeito da temperatura do ar na temperatura da folha (lado nascente) no <i>terroir</i> Dois Portos, ao longo do período de 01/06 a 17/08/2010.	61
Figura 34a - Evolução da temperatura na folha, no <i>terroir</i> de Dois Portos durante o período de 25 de Maio a 23 de Setembro de 2010, em ambos os lados da sebe.	63
Figura 35 - Efeito do lado de exposição da folha na temperatura de uma folha, nos <i>terroirs</i> de Dois Portos e de Nelas, no pintor no período de 10 de Agosto a 13 de Agosto de 2010.	65
Figura 36 – Queimadura do cacho, provocada por temperaturas excessivas. <i>Terroir</i> de Dois Portos em 13/09/2010	65
Figura 37– Evolução da temperatura do bago, no <i>terroir</i> de Dois Portos durante o período de 18 de Agosto à 23 de Setembro de 2010 e no <i>terroir</i> de Nelas durante o período de 26 de Agosto à 16 de Setembro de 2010. O sensor da temperatura do bago esta localizado no lado poente da sebe.	66
Figura 38 – Evolução do diâmetro do bago, no <i>terroir</i> de Dois Portos durante o período de 17 de Julho à 23 de Setembro de 2010 e no <i>terroir</i> de Nelas durante o período de 26 de Agosto à 16 de Setembro de 2010. O sensor do diâmetro do bago tem que ser mudado ao longo do ensaio, visto alterar a forma do bago, todos os valores de mudança brusca são fruto dessa mudança de bago.	67
Figura 39 -Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na temperatura da folha e bago no lado poente e a variação do diâmetro do bago, no início da maturação no período de 10 de Setembro a 13 de Setembro de 2010.....	69
Figura 40– Evolução do diâmetro do tronco, no <i>terroir</i> de Dois Portos durante o período de 8 de Julho à 23 de Setembro de 2010 e no <i>terroir</i> de Nelas durante o período de 27 de Julho à 16 de Setembro de 2010. O sensor do diâmetro do tronco no <i>terroir</i> de Dois Portos foi mudado a sua posição no dia 16/8/2010.	70
Figura 41- Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na variação do diâmetro do tronco, no início da maturação no período de 10 de Setembro a 13 de Setembro de 2010.....	71
Figura 42 - Efeito do <i>terroir</i> (Dois Portos e Nelas) na evolução dos parâmetros grau provável, pH e acidez total. A última medição foi executada no dia da vindima.	73

Abrevituras e símbolos

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change

GCM – Global climate models

I.M.- Instituto de Meteorologia

GEE- Gases de efeito de estufa

ADP-Adenosina Difosfato

ATP-Adenosina Trifosfato

%- Percentagem

mm – Milímetro

km- Quilometro

cm- Centímetro

ppm- Partes por milhão

h-Hora

s-Segundos

ha- hectar

m- Metro

mmol- Milímol

μmol- Micromol

MPa –Megapascal

°C –Graus Celsius

N – Norte

W -Oeste

O₂- Oxigénio

CO₂-Dióxido de Carbono

H₂O- Água

A-Fotossíntese

Tr - Transpiração

gs- Condutância estomática

WUE -Eficiência do uso da água

PAR - Radiação fotossinteticamente activa

VPD- Deficit de pressão de vapor da folha

AF- Área foliar

L2e- Comprimento da nervura lateral secundárias esquerda

L2d - Comprimento da nervura lateralsecundárias direita

NCF-Número de camadade folhas

%Fint – Percentagem de folhas interiores

% Buracos – Percentagem de buracos

%Cexp – Percentagem de cachos expostos

I - Introdução

Através de informações históricas é possível concluir que o clima da Terra tem vindo a variar desde a sua formação (Hidore e Oliver, 1993), segundo o relatório do IPCC (2007), no último século têm vindo a acumular-se evidências de alterações ao nível do aumento global da temperatura. As causas naturais de variabilidade climática em conjunto com as causas resultantes da actividade humana (Hidore e Oliver, 1993), levam a uma perspectiva de alterações do clima (IPCC, 2007).

A observação e estudo dos sistemas agrícolas é uma forma de sabermos e conseguirmos interpretar qual o comportamento da cultura da vinha em função dos factores ambientais a que poderá estar sujeita. Assim através da fitomonitorização é possível ter noção da resposta da planta no ambiente projectado para o futuro e, portanto, agir com a melhor solução encontrada.

A fitomonitorização ajuda a compreender e a melhorar a resposta da videira ao clima onde esta inserida, permitindo, desta forma entender quais as alterações a que estará sujeita no futuro. Com o estudo e comparação da viticultura em dois *terroirs* como Dois Portos e Nelas, que apresentam influências climáticas distintas (influência do oceano Atlântico e do continente), pode ajudar na interpretação e compreensão, de algumas das alterações previstas do clima.

Os climas regionais são altamente influenciados pela latitude, altitude, topografia, proximidade dos oceanos, entre outros factores internos ao sistema climático. Os factores externos que influenciam o clima são interacções complexas que envolvem a actividade solar, os parâmetros orbitais da Terra, entre outros. Portugal apresenta um clima tipicamente mediterrânico, caracterizando-se por ter um Verão quente e seco. Pelo que a cultura da vinha sofre frequentemente stress hídrico e stress térmico, sendo a influência destas duas variáveis essencial no crescimento e desenvolvimento das uvas.

A videira através das suas características genéticas intrínsecas pode apresentar uma maior ou menor capacidade de adaptação a um determinado condicionalismo ambiental, permitindo ou não a optimização das suas características qualitativas. A casta “Touriga Nacional” é unanimemente considerada uma das mais nobres castas portuguesas e melhor adaptada às condições edafoclimáticas de Portugal, esta é uma das mais antigas castas da região do Dão.

II – Revisão Bibliográfica

II.1. – Alterações Climáticas

O clima é fruto de observações, medição e registo sistemático de elementos como a temperatura do ar e a precipitação, numa determinada região durante um longo período de tempo. O que permite conhecer com uma boa aproximação o clima dessa região e avaliar a sua variabilidade ao longo do tempo. As variabilidades de um clima podem surgir de um ano para o outro, ou de uma década para a outra, num dado local, pelo que é, frequentemente muito difícil distinguir entre uma tendência importante que parece emergir e uma mera irregularidade de curta duração no padrão climático.

O clima de uma dada região é utilizado essencialmente para o planeamento e gestão das actividades socioeconómicas e também para amenizar as consequências dos riscos climáticos. A descrição do clima é elaborada essencialmente pelos elementos climáticos (IPCC, 2007).

Os climas regionais são influenciados por factores internos tais como: a localização, a topografia envolvente, massas de água na proximidade e altitude a que se encontra a região. Existem também factores externos, com enorme influência sobre o clima, como as interacções da actividade solar, e o comportamento da Terra em relação ao sistema solar, entre outros (Fig. 1). Apesar de as interacções estarem ainda longe de serem completamente compreendidas, sabemos mais hoje do que há uma ou duas décadas atrás (Brandão, 2006).

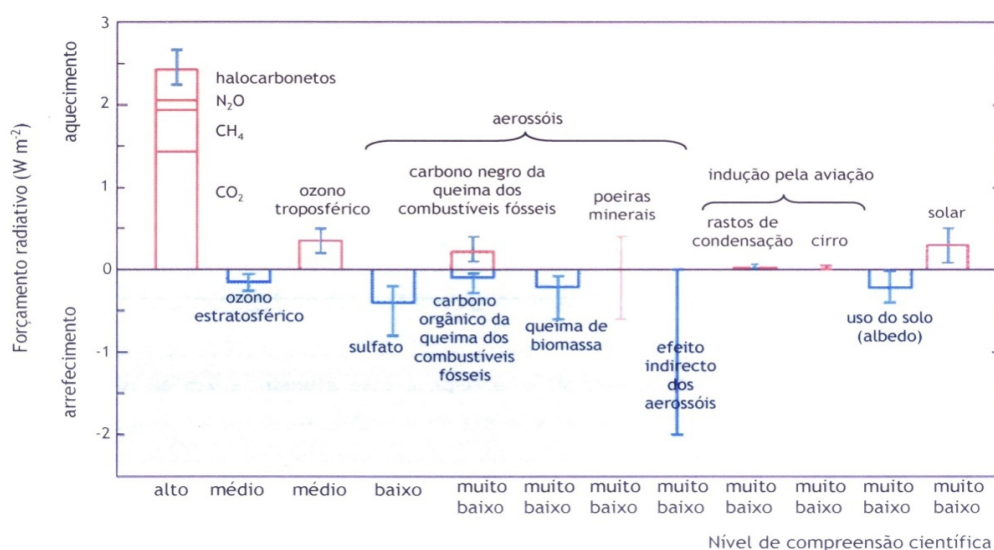


Figura 1 - Exemplo de factores externos que forçam o clima (adaptado de Brandão, 2006).

As alterações climáticas podem-se definir como uma variação estatisticamente significativa do estado médio das variáveis que definem o clima, isto durante um longo período de tempo compreendido entre décadas ou mesmo séculos. As alterações do clima podem ser fruto de processos naturais internos ou externos, devido a causas humanas como à alteração da composição da atmosfera ou do uso do solo (IPCC, 2001).

Frequentemente, ocorrem confusões conceptuais entre clima e tempo, duas grandezas que se distinguem, designadamente, pelo espaço temporal de referência. Numa simplificação de abordagem poderá dizer-se que o estado de tempo refere-se ao conjunto das condições meteorológicas num dado local, designadamente a temperatura, humidade do ar, precipitação, nebulosidade e o vento.

O clima pode traduzir-se pelo conjunto de todos os estados que a atmosfera pode ter num determinado local, durante um tempo longo, definido em 30 anos (I. M., 2009).

Durante o século passado existiram dois períodos de aquecimento do globo entre 1910 e 1945 e de 1976 a 2000. No primeiro período a taxa de aquecimento apresentou valores na ordem dos 0.14°C por década, enquanto que a partir de 1976 o acréscimo da temperatura foi mais acentuado 0.17°C por década (Folland et al., 2001). Segundo estes autores nos anos de 1910 e 1945 o aquecimento deu-se essencialmente no Atlântico Norte, no período intermédio entre 1946 e 1975, houve um arrefecimento no hemisfério Norte e um aquecimento no hemisfério Sul. Nos anos 1976 e 2000 o aumento foi global, embora mais acentuado no Inverno e na Primavera nos continentes do hemisfério Norte, e com um arrefecimento em algumas zonas dos oceanos do hemisfério Sul e na Antárctica, em todas as estações do ano (Fig. 2).

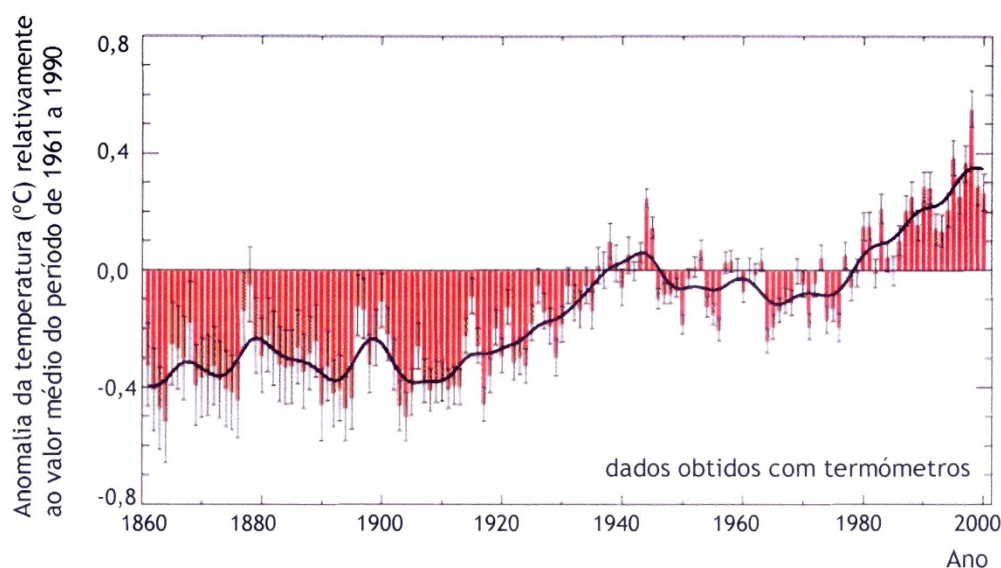


Figura 2 - Anomalias da temperatura anual global do ar (°C) à superfície da parte emersa da Terra e do mar, entre 1861 e 2000, comparativamente ao valor médio do período entre 1961 e 1990. O erro anual é representado por uma barra. (adaptada de Albritton et al., 2001).

A Humanidade passou a ser também um factor de alteração do clima da Terra por meio das emissões de gases com efeito de estufa, principalmente o dióxido de carbono (CO_2) que resulta da queima de combustíveis fósseis – carvão, petróleo e gás natural – e ainda de profundas alterações no uso dos solos, em especial a desflorestação. Desde o início da revolução industrial, em meados do século XVIII, a concentração de CO_2 atmosférico aumentou em cerca de 33% de 280 ppmv para 373 ppmv. Na década de 1990 a 1999 a queima de combustíveis fósseis provocou uma emissão média anual para a atmosfera de 6 300 milhões de toneladas de carbono incorporado em moléculas de CO_2 . Parte deste CO_2 dissolve-se nos oceanos e parte é sequestrada pela biosfera por meio da fotossíntese, mas o restante permanece na atmosfera. As alterações a que o globo tem sido alvo levou a que a temperatura média global da atmosfera à superfície tenha aumentado de $0,6 \pm 0,2^\circ \text{C}$ durante o século XX e grande parte do aumento observado nos últimos 50 anos é devido a causas antropogénicas. Modelos do sistema climático projectam um aumento da temperatura média global de $1,4^\circ$ a $5,8^\circ \text{C}$ até 2100 (IPCC, 2007).

II.2.1. Alterações Climáticas na Região do Mediterrâneo

Nos últimos 40-50 anos a imagem principal no Mediterrâneo em termos de alteração do clima é de um aumento da temperatura, incluindo valores mais extremos em relação às temperaturas máximas, e valores menos extremos em relação as temperaturas mínimas,

para todas as regiões do Mediterrâneo, à excepção de algumas partes do Mediterrâneo oriental (EEA, 2004).

O mesmo autor afirma que no caso da precipitação, esta tem vindo a diminuir nesta região em todas as estações do ano ao longo da última metade do século XX, quer nos totais anuais com precipitações mais baixas, quer em períodos secos mais prolongados. As alterações observadas nem sempre são estatisticamente importantes o que pode, em parte, ser um reflexo da variabilidade interanual das precipitações no Mediterrâneo.

No relatório do IPCC (2007) é referido, que o aquecimento verificado nos últimos 50 anos está 66-90% relacionado com o aumento da concentração de gases de efeito de estufa (GEE) e aerossóis, considerando as evidências recentes e as incertezas persistentes.

Os aerossóis e os GEE ajudaram a um aumento das alterações climáticas observadas durante o séc. XX, e admite-se que a sua acção se prolongue no séc. XXI e nos séculos seguintes. As mudanças da composição atmosférica, para além de outros aspectos climáticos, serão provavelmente responsáveis pelo aumento da temperatura, dos padrões de precipitação, do nível médio das águas do mar e de acontecimentos extremos como tornados e picos de precipitação pontual (Schneider *et al.*, 2001).

Em 2100, na Península Ibérica, os GCMs (Global Climate Models) projectam um aumento de temperatura entre 2°C e 8.6°C, em relação à temperatura média do período de 1961 a 1990. As diferenças entre temperatura média anual actual e futura, depende dos cenários considerados sendo os cenários mais extremos com maiores emissões de dióxido de carbono, os que apresentam uma maior incerteza na projecção da evolução da temperatura. Em relação à precipitação anual simulada na parte Oeste da Península Ibérica, tem como tendência futura um decréscimo acentuado (Miranda *et al.*, 2006).

Uma contínua mudança na composição da atmosfera irá provocar inevitavelmente uma mudança nos padrões da precipitação, esta terá variações espaciais significativas, uma maior precipitação nas latitudes elevadas e nas regiões equatoriais e menor precipitação nas latitudes médias, em particular na região mediterrânica e do Sul da Europa, onde Portugal se situa. Haverá ainda uma maior frequência de fenómenos climáticos extremos, por exemplo, episódios de precipitação intensa concentrada em intervalos de tempo curtos e períodos de seca. A observação recente, nas últimas três décadas, mostra uma maior frequência de períodos de precipitação intensa em várias regiões do globo (IPCC, 2007).

De acordo com Santos *et al.* (2002), Portugal devido às alterações climáticas apresentará efeitos particularmente negativos nos recursos hídricos, especialmente no sul do país, nas

zonas costeiras, devido ao aumento do nível médio do mar, nas florestas e biodiversidade. Os cenários climáticos futuros indicam claramente que o tipo de onda de calor que se tem feito sentir na Europa nos meses de Verão, irá tornar-se mais frequente no futuro, com consequências muito gravosas em vários sectores socioeconómicos e sistemas biofísicos. A título de exemplo e de acordo com aqueles cenários, o número médio anual de dias com temperatura máxima superior a 35° C no sul da Europa onde Portugal esta inserido, passará de entre 10 a 30 dias, para 80 a 120 no período de 2080 a 2100.

Em resumo, em termos Continentais, no futuro, a projecção é de um aumento da temperatura mínima e máxima em todas as estações do ano. Os acréscimos serão mais acentuados no Verão, em relação ao Inverno e na Primavera os aumentos serão menores. A precipitação tem tendência a diminuir em todas as estações, por todo o território da Península Ibérica (Miranda *et al.*, 2006).

As alterações climáticas, nomeadamente o aumento da concentração de CO₂ atmosférico e da temperatura do ar, têm repercussões nos processos de fotossíntese, fotorrespiração e de transpiração das plantas. Por esta razão, as alterações climáticas afectam o crescimento das plantas, o uso da água e de nutrientes do solo (Morison e Gifford, 1984).

A vulnerabilidade das cultivares depende do grau com que um sistema é susceptível de suportar ou de enfrentar com êxito os efeitos adversos das alterações climáticas, incluindo a variabilidade climática e os extremos. A vulnerabilidade do sistema é função do carácter, magnitude e velocidade de variação climática a que um sistema é exposto, da sua sensibilidade e da sua capacidade de adaptação (IPCC, 2001).

No caso da viticultura as alterações climáticas são mais significativas ao nível da temperatura e da concentração de dióxido de carbono ambiente. As alterações destes factores podem ter uma influência muito significativa no ciclo normal das plantas. Chaves (1986) refere que a fotossíntese aumenta com a temperatura (Fig. 3) (entre 10-30°C) e que o óptimo médio de temperatura para uma fotossíntese adequada situa-se entre os 25 a 30°C, acima e abaixo deste valor a fotossíntese é afectada, o que pode levar a alterações significativas do desenvolvimento da planta.

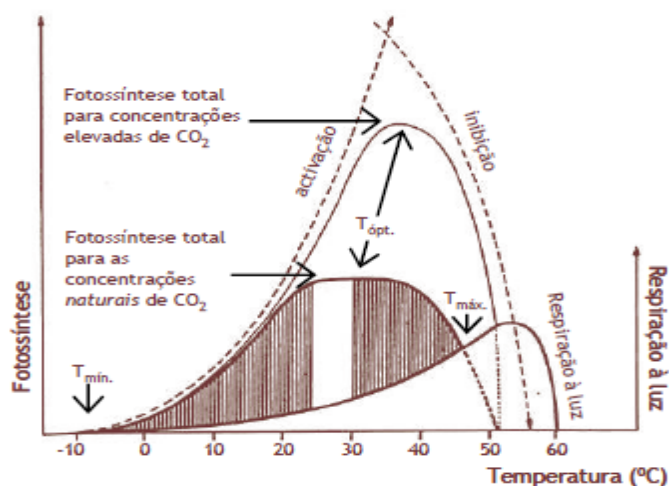


Figura 3 - Resposta da fotossíntese total à temperatura, para concentrações elevadas e ambientais de CO₂, em plantas C₃. A fotossíntese líquida (zona sombreada) é igual à diferença entre a fotossíntese total para concentrações naturais de CO₂ (curva inferior) e a respiração à luz (essencialmente fotorrespiração) (T_{mín.} – temperatura mínima; T_{ópt.} – temperatura ótima; T_{máx.} – temperatura máxima) (adaptada de Brandão, 2006).

Os principais processos onde a influência dos factores ambientais é mais notória na videira são a fotossíntese, a respiração e a transpiração (Mendonça, 2005). No Figura 4 podemos verificar a resposta da fotossíntese e da respiração, a alguns outros factores ambientais.

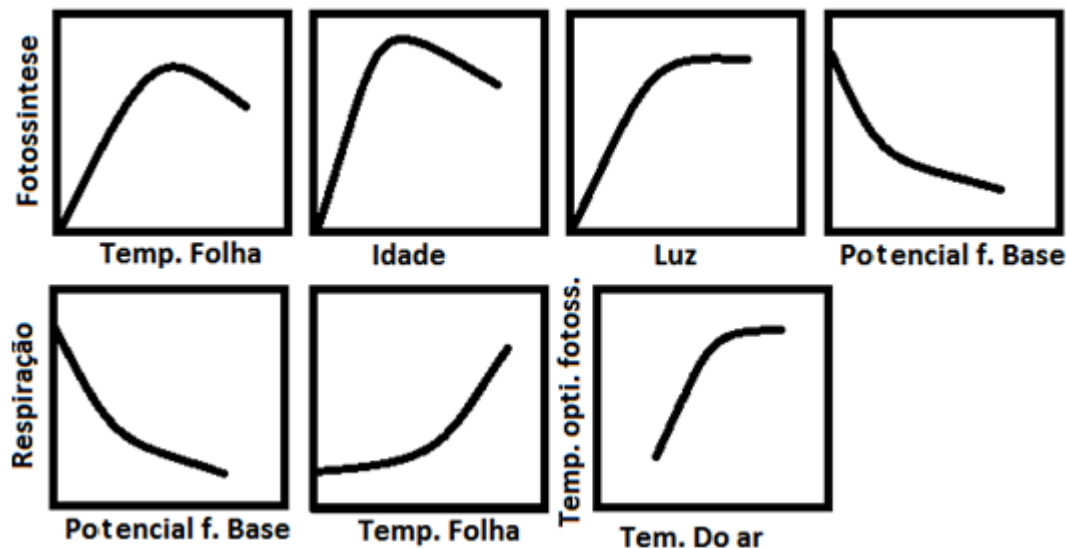


Figura 4 - Relação entre alguns factores ambientais e processos fisiológicos (fotossíntese e respiração), bem como a temperatura ótima de fotossíntese. Adaptado de Mendonça (2005).

Schultz (2000) afirma que a fotossíntese pode-se adaptar à temperatura média. Desde que a planta tem a capacidade de se aclimatizar às novas temperaturas e com isto voltar a exercer as suas funções normais. Este autor afirma ainda que esta aclimatização é levada a cabo pela planta em pouco tempo.

O aumento médio global da temperatura esperada em 2100 é de 1.4 a 5.8°C (relativamente a 1990), mesmo com os esforços de diminuição de emissão de gases poluentes, tal como os combustíveis fósseis. Modelos de clima global indicam para a península Ibérica em 2100 apresentará um aumento de temperatura na ordem dos 1.7 a 7°C, o que mostra um aumento acima do previsto a nível global. Este aumento pode favorecer a viticultura encurtando o ciclo fenológico, bem como alterar os padrões de maturação (McInnes et al., 2003).

É também necessário ter em conta o aumento do dióxido de carbono, sendo previsto até 2100 valores na ordem dos 520 a 970 ppm, quando o valor actual se apresenta entre os 350 a 400ppm (McInnes et al., 2003). Este aumento provocará um excessivo desenvolvimento vegetativo, por sua vez, tem importantes consequências no consumo de água e de gestão do coberto vegetal, o que aponta para a dificuldade em prever as acções combinadas dos vários factores ambientais em mudança (Schultz, 2000).

Se as alterações climáticas acontecem de uma forma gradual é de esperar que a adaptação da actividade agrícola ocorra de forma normal e de maneira autónoma. Estas mudanças incluem alterações mais evidentes, relacionadas com a tecnologia e a política. Por outro lado, poderão existir regiões no mundo onde a velocidade e o grau da alteração climática, obrigue a uma tomada de medidas mais específicas (Parry et al., 1998).

II.2. Fitomonitorização da Viticultura

No seguimento de todas as alterações do clima a agricultura tem que inovar e adoptar estratégias de maior controlo da planta e do ambiente envolvente, para assim conseguir monitorizar com maior rigor a resposta da planta às alterações climáticas que estão a ocorrer.

As alterações do clima levam a que, por parte dos agricultores exista um ajustar das técnicas culturais de forma a atenuar o impacto das alterações climáticas. O agricultor pode recorrer a cultivares adaptadas a temperaturas mais elevadas, e intensificar algumas técnicas culturais, tal como a rega (Hoogenboom et al., 1995). Podendo esta ser alterada, quer na frequência, quer na quantidade de água fornecida. Contudo, as medidas de adaptação terão

que assegurar que os períodos de stress exagerados sejam evitados, nomeadamente o stress hídrico e térmico (Pinto e Brandão, 2002).

Esta é uma nova agricultura, que tenta compreender melhor o campo de produção, permitindo, desta forma uma tomada de decisões mais correcta. Com isto tem-se uma maior capacidade e flexibilidade para a distribuição dos recursos em tempo útil e uma minimização dos custos de produção.

A agricultura de precisão permite ao agricultor diminuir os factores que afectam a produção, sendo alcançado pela correcção dos factores que contribuem para a sua variabilidade obtendo-se, com isto, um aumento global da produtividade e da qualidade (Capelli, 1999).

Existe um grande número de plataformas que ajudam neste novo tipo de agricultura, algumas dessas plataformas podem ser de recolha de dados contínua e pontual, estas são passíveis de serem usados na agricultura, e assim ajudarem a uma melhor monitorização e ajuste dos recursos à exigência da planta e do clima envolvente.

Existem sensores tais como dendrômetros, sensores de humidade do solo, fluxo de seiva, humidade do coberto vegetal, entre outros que dão em tempo real a monitorização da planta (Figura 5). Esta informação ajuda na escolha de opções mais viáveis de acordo com os dados recolhidos e com as exigências do clima (Phytech, 2010).

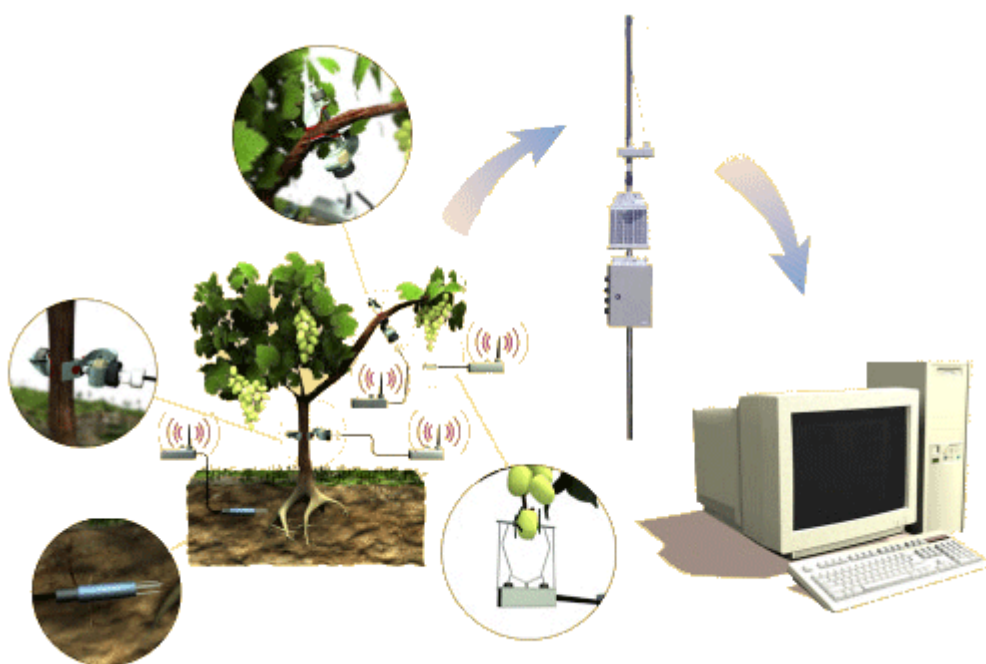


Figura 5 - Conjunto de sensores numa videira e recepção de dados num computador. (adaptado phytech, 2010).

Existem vários tipos de sensores de fitomonitorização, em que a recolha de dados é executada de contínua ou pontual. Na recolha de dados contínua, a transmissão de dados, tal como o nome indica, é regular e de forma contínua. Os dados recolhidos são transmitidos por telemetria para um computador e incorporados em base de dados, que através de um software próprio tem a capacidade de analisar cada um dos sensores. Nos sensores de recolha pontual os dados são recolhidos de forma esporádica, de acordo com as necessidades.

A implementação desta tecnologia na viticultura, permite monitorizar ao máximo a cultura, e assim, ser possível a utilização de modelos de previsão do comportamento da planta, que nos ajudam a interpretar quais as alterações que vão ocorrer, em termos fisiológicos devido a alterações como a temperatura do ar e a precipitação.

A área da fitomonitorização tem hoje em dia uma panóplia de vários instrumentos, que podem ajudar no melhor entendimento entre a planta e o mundo que a rodeia. Alguns desses instrumentos são:

Fito-sensores

a) Recolha contínua

- Sensor de humidade do solo - Determina qual a humidade do solo a uma profundidade de 30, 60 e 90cm;
- Dendrômetros – Permite determinar as variações do diâmetro do tronco e do bago, mostrando as variações de perdas de água por parte da planta;
- Sensor de temperatura - Este sensor mede a temperatura da folha e do bago de forma contínua;
- Sap Flow - O sensor de fluxo de seiva, com os dados recolhidos deste sensor é possível determinar os fluxos que existem entre raiz e parte aérea;
- Folha Húmida – Este simula uma folha no centro do coberto vegetal, determinando a humidade do coberto, ajudando a identificar se as condições são ou não favoráveis ao aparecimento de fungos oportunistas (Phytech, 2010).

b) Recolha pontual

- Câmara de pressão “Scholander” – estima a capacidade da planta para a captação de água, e em que se utiliza um gás neutro para exercer pressão. Quanto menor for a quantidade de água livre na planta, maior será a pressão necessária para a fazer sair. Determinando assim se a planta está ou não em stress hídrico (Deloire *et al.*, 2003);
- “Licor 6400” - Este aparelho é constituído por um analisador de CO₂ e o vapor de água através de infravermelhos, A câmara que analisa a folha possui dois sensores que permitem a medição da temperatura do ar e da folha no seu interior, e um sensor PAR;
- “Sunfleck Ceptometer” – este sensor é constituído por uma vara que determina com 63 receptores de luz, que determinam radiação fotossinteticamente activa.

II.3. Alterações Climáticas e a Viticultura

Os factores climáticos apresentam grande importância na determinação das áreas vitícolas por serem factores naturais do meio, não passíveis de modificação, diferente do que acontece com os factores humanos que podem ser definidos no manejo das práticas culturais (Hidalgo, 1980).

A videira (*Vitis vinifera* L.) é uma espécie frequentemente sujeita a situações ambientais extremas nos climas em que se desenvolve tradicionalmente, como no clima Mediterrâneo. O défice hídrico, aliado às altas temperaturas e irradiâncias atingidas durante a época estival, bem como um défice de pressão de vapor elevado reduzem as trocas gasosas nas folhas e afectam negativamente a quantidade e a qualidade da produção. Na videira, tal como em muitas outras espécies, o fecho dos estomas é a primeira resposta da planta ao défice hídrico, em condições de campo (Chaves *et al.* 2002).

O ciclo vegetativo propriamente dito inicia-se com abrolhamento da videira dependendo da localização da vinha, por isso nem todas as plantas iniciam o ciclo vegetativo ao mesmo tempo. No Hemisfério Norte o abrolhamento ocorre geralmente durante o mês de Março, quando as temperaturas se elevam acima do zero vegetativo (Magalhães, 2008). Este

corresponde aproximadamente a 10 °C, mas pode variar em função das castas e da latitude do lugar onde são cultivadas as videiras (Champagnol, 1984)

A fase de crescimento inicia-se a partir do dia 130 após o dia 1 de Janeiro e prolonga-se até ao pintor (entre Julho e Agosto), fase em que se reduz substancialmente, ou cessa, a actividade da divisão celular e o alongamento celular dos ápices vegetativos e do câmbio (Magalhães, 2008).

A floração é muito influenciada pelos factores climáticos, pela casta, pelo ano, pelo dia e pela duração da temperatura média diária. Muito poucas flores abrem a temperaturas inferiores 15,6 °C. A temperatura óptima de floração está entre os 18,3 e 21,1 °C. No entanto, se a temperatura for superior 37,8 °C a floração é retardada, embora as flores não fiquem danificadas (Winkler et al., 1974).

As alterações do clima levam a mudanças dos potenciais térmicos globais das regiões vitícolas, a temperatura que ocorre no período de maturação afecta a qualidade da uva e a sua coloração. Winkler et al. (1974) demonstram que as temperaturas muito baixas ou muito elevadas são associadas a uma fraca coloração. Estes autores referem a mesma tendência em relação aos polifenóis. Mas é necessário considerar não apenas o aspecto do regime térmico global em período de maturação da uva, onde a temperatura média do ar é um bom indicador, mas em particular as temperaturas relativas ao frio nocturno.

As temperaturas do dia têm um efeito sobre a coloração, mas as temperaturas nocturnas têm um efeito ainda maior (Kliwer & Torres, 1972; Kliwer, 1973). Neste sentido, diversos trabalhos, entre eles o realizado por Tomana et al. (1979) mostram um aumento do teor de antocianinas que é causado por temperaturas nocturnas mais baixas. Tonietto & Carbonneau (1998) também demonstram o efeito de diferentes condições edafoclimáticas sobre as características organolépticas das uvas na região de Vaucluse, França. Coombe (1987) descreve que a composição em polifenóis da uva apresenta a mesma tendência daquela observada para as antocianinas em relação ao efeito da temperatura.

Para além da temperatura, a qualidade da uva é determinada pelo factor hídrico. Nas regiões que apresentam um excedente de precipitação, a maturação da uva é afectada negativamente. As regiões com um total de índice pluviométrico muito elevado possuem uma capacidade de maturação inferior ao previsto pelos índices climáticos térmicos aplicados normalmente em viticultura (Jackson & Cherry, 1988).

Por outro lado, Bravdo & Hepner (1987) mostram que o stress hídrico pode melhorar a qualidade da produção vitícola destinada à elaboração de vinhos. Champagnol (1984)

considera que o melhor regime hídrico é aquele que apresenta um deficit hídrico progressivo do solo ao longo do ciclo vegetativo, sem que este seja severo. O envelhecimento da vegetação que ocorre nesta situação está associado a um deficit hídrico moderado, que permite a hidratação parcial da planta durante a noite e no início da manhã, acompanhado da manutenção da fotossíntese.

A fenologia da videira está fortemente vinculada ao clima e tem sido objecto de estudo, em muitas das regiões mais importantes em termos de viticultura durante os últimos anos, o seu estudo tem recebido atenção considerável, como um instrumento para entender como as mudanças do clima têm impacto na cultura (Chuine et al 2004;. Spanik et al 2004.; Duchêne e Schneider, 2005; e Menzel, 2005).

Jones et al. (2005) analisou os climas passados e futuros, na maioria das regiões onde estão enquadrados os melhores vinhos do mundo, e os resultados indicaram um aquecimento da temperatura do ar nos últimos 50 anos, que têm levado a alterações nos períodos de fenologia da videira. O aquecimento observado no final do século XX parece ter sido muito benéfico para a produção de vinho de alta qualidade em algumas regiões. A análise destes autores sugerem que os impactos das futuras mudanças climáticas serão altamente heterogêneas em relação às variedades e às regiões.

O aumento de 2.1 °C leva a uma antecendência dos eventos fenológicos, antecipado a colheita em 10-20 dias. Este aumento pode em algumas regiões, ser superior a temperatura óptima da casta levando a quebras de produção ou mesmo a incompatibilidade da casta com o *terroir*¹.

Como consequência, do aumento da temperatura, a produção e a qualidade dos vinhos vão mudar em algumas das regiões mais importantes da viticultura mundial (Bindi et al. 1996, Schultz 2000, Jones et al. , 2005). Na Europa as temperaturas médias mais elevadas podem viabilizar a cultura da vinha em latitudes superiores (Schultz, 2000). O estudo levado a cabo por Jones & Davis (2000) nos anos de 1952 a 1997, relatam que o aquecimento em Bordeaux levou a intervalos fenológicos mais curtos e a um maior potencial para vinhos de qualidade. No entanto, o aumento da temperatura em regiões como Portugal, sul da Califórnia e Austrália podem levar a inviabilização da cultura para produção de vinhos de alta qualidade, devido às temperaturas exageradamente elevadas.

¹ Um *terroir* é um termo que inclui a interacção de vários factores entre eles o solo, clima, topografia e vinha. Para obter vinhos de alta qualidade é necessário o seu estudo criando assim bases científicas para delimitar as áreas de produção (Bonnardot, 2001).

Para regiões em que existem períodos prolongados com temperaturas acima de 30 °C, pode existir um stress térmico, que leva à uma antecipação do estado fenológico do pintor (Mullins et al. 1992). Este aumento da temperatura do ar pode levar a alteração do amadurecimento do bago afectando assim a sua composição, diminuindo a qualidade do vinho (Gladstones 1992; Mullins *et al.* 1992; Webb, *et al.*, 2007). A temperatura durante o período de maturação, é considerada como um dos factores mais importantes para um bom vinho. Estudos em condições controladas demonstraram que a temperatura neste período leva a alterações ao nível da repartição dos ácidos e desenvolvimento da cor da baga (Hall, 2008).

Em termos de relações da planta com os recursos hídricos, os efeitos indirectos do aumento de CO₂ como principal gás de efeito de estufa. Este gás representa um papel fundamental no aquecimento global, o que constitui uma grande preocupação. As previsões para os efeitos do aquecimento global na temperatura do ar até o final do século XXI é de 2°C e 8.6°C, em relação à temperatura média do período de 1961 a 1990 (Miranda et al., 2006). Menos confiável e mais difíceis de prever são as mudanças no valor total de precipitação e a sua distribuição anual. Globalmente, a média da concentração de vapor de água e as taxas de evaporação tendem a aumentar (Cubash et al. 2001, em Houghton et al., 2001) e a precipitação a diminuir, embora existam grandes variações a nível regional (Schneider et al., 2001).

As concentrações de dióxido de carbono na atmosfera aumentaram, desde o início da revolução industrial, cerca de 33%. Espera-se que continue a subir e a influenciar substancialmente os ecossistemas agrícolas e naturais, por muitos anos vindouros (Long et al., 2004). Os efeitos do aumento da concentração de dióxido de carbono na cultura da vinha, parece ser semelhante às outras espécies anuais e perenes, onde ocorre um aumento na fotossíntese líquida, produção de biomassa, produtividade e eficiência do uso da água (Bindi et al, 1996;. Griffin e Seeman, 1996; Bindi et al., 2001).

Existe um consenso geral de que, a longo prazo a exposição a altas concentrações de dióxido de carbono iram reduzir a condutância estomática em cerca de 25% e, portanto, irá ter como consequência uma redução da transpiração (Long et al., 2004). No entanto, a estimulação directa do aumento da área foliar devido a um aumento do CO₂, provavelmente compensa os ganhos na eficiência do uso da água (IPCC, 2007).

II.4. Ecofisiologia da Videira

II.4.1. Radiação

A radiação solar afecta o balanço de radiação das superfícies, que por sua vez influencia as condições de temperatura, movimentação do ar e disponibilidade hídrica para as plantas e estimulação de processos ao nível de diferenciação de tecidos e órgão.

A energia emitida pelo Sol está sob forma de ondas electromagnéticas, entre os comprimentos de onda 290 a 3000 nanómetros (nm). Por efeitos da atmosfera terrestre a radiação solar é atenuada devido ao espalhamento causado por cristais, impurezas, moléculas de gases e absorção selectiva por constituintes atmosféricos. A intensidade da radiação solar que atinge a superfície terrestre é variável de acordo com as condições atmosféricas, mas cerca de metade da radiação está na região espectral de 380 a 780 nm. As plantas verdes evoluíram de forma a utilizar essa fonte abundante de energia através de pigmentos fotossintéticos (clorofila, carotenóides, etc., principalmente na faixa de 380 a 710 nm chamada radiação PAR) (Daubenmire 1974).

A intensidade luminosa é uma medida absoluta da radiação, é muito variável devido aos factores já mencionados, do ponto de vista ecológico é suficiente ter-se uma medida relativa da radiação solar nos diferentes estratos verticais da planta. Para cada estrato vertical da vegetação, a radiação solar directa e difusa que atinge a superfície do solo e da vegetação é reflectida ou absorvida (Stoutjesdijk & Barkman, 1987).

A radiação absorvida pela planta que não é usada na fotossíntese é dissipada através da emissão de irradiação de comprimento de onda longo, da transpiração e da convecção. Se não existir dissipação de calor, a temperatura das folhas atingiria níveis muito elevados para as suas funções normais. A temperatura mínima, a máxima e a óptima, que constituem o que se chama de temperaturas cardiais dos processos fisiológicos, variam para a mesma função em diferentes plantas.

A abertura dos estomas aumenta a captação de dióxido de carbono necessário para a fotossíntese, mas leva ao mesmo tempo a uma inevitável perda de água (Düring & Klingenberg, 1987). Por outro lado, o fecho dos estomas reduz a fotossíntese e a transpiração. Em condições de stress hídrico é necessário maximizar a relação entre a fotossíntese e a transpiração, ou seja, a eficiência de utilização da água. A evolução diária da eficiência de utilização da água mostra um comportamento decrescente desde as primeiras horas da manhã, prolongando-se todo o dia. Segundo os autores, esta eficiência depende do genótipo e das condições atmosféricas, sendo encontrados os valores mais

elevados a uma temperatura média, a baixas necessidades evaporativas da atmosfera e a uma baixa intensidade luminosa.

II.4.2. Temperatura

O aquecimento e a diminuição da temperatura do ar é determinado pelo balanço de radiação da superfície do solo e da vegetação. As trocas de calor do ar com as superfícies dão-se por condução e convecção, gerando movimentos turbulentos do ar. Junto com o calor, o vento transfere vapor de água, energia cinética, CO₂ e poluentes. O movimento de massas de ar em escala continental determina em grande parte o clima regional. A Latitude, a altitude e a distância de grandes massas de água são factores muito importantes na distribuição geográfica da temperatura (Meijerhof, 2007).

Segundo o mesmo autor, regiões junto a grandes massas de água, apresentam menor variação diária e anual de temperatura, uma vez que a água reflecte mais radiação. Este fenómeno é maior no hemisfério norte.

A temperatura máxima do ar próximo do solo ocorre simultaneamente com a temperatura máxima da superfície do solo, mas à medida que se afasta do solo há um retardamento do momento de máxima temperatura do ar. Normalmente, há um gradiente de temperatura decrescente com a altura e altitude (0,5°C/100m), porque o ar diminui a temperatura e expande-se durante a sua ascensão.

A Fotossíntese é influenciada pela temperatura ambiente, a produtividade fotossintética baixa quando a temperatura óptima é ultrapassada, a produção de biomassa será menor devido a temperatura, se esta estiver com valores extremos podem implicar danos irreversíveis no sistema fotossintético.

As plantas têm um certo poder tampão a estas alterações climáticas, podendo a temperatura óptima passar a ser 1 a 3°C superiores para alterações ambientais de 5°C, isto se a temperatura se mantiver assim durante alguns dias (período de aclimatização) (Osório, 1994).

Vários autores apontam para temperaturas entre 20 e 35 °C como óptimo para a fotossíntese, existindo contudo variações relacionadas com as condições ambientais e com a fase do ciclo vegetativo em estudo (Stoev & Slavtcheva, 1982; Lopes, 1994). Chaves (1986) verificou que a acção da temperatura na actividade fotossintética varia com a casta. Este autor trabalhando na casta 'Periquita', observou igualmente que o máximo da fotossíntese atingiu-se aos 35 °C, sendo nula a partir dos 41 °C. Já para a casta "Tinta

Amarela” (sin. “Trincadeira Preta”), Chaves (1986) verificou uma subida da actividade fotossintética até aos 45 °C seguindo-se um decréscimo acentuado a partir dos 49 °C.

II.4.3. Água na Planta

A água é um factor muito importante para a planta, pois uma grande percentagem da planta é água. Esta é utilizada sob varias formas pela planta, uma das mais importantes é o seu carácter solvente devido às suas propriedades polares, que leva a um meio de transporte ideal para reacções bioquímicas. A sua relação incompressível torna possível a expansão celular e para que as pressões hidrostáticas intracelulares possam contribuir na sustentabilidade da planta. Este liquido também contribuiu para à regulação da temperatura da planta, pois contem uma capacidade térmica máxima e uma enorme capacidade térmica (Costa, 2003).

Segundo o mesmo autor, a tensão superficial leva a uma elevada força de coesão interna o que lhe permite o transporte por capilaridade. A transparência da luz visível, ajuda a que a luz chegue aos cloroplastos dentro das células das folhas. Esta molécula de H₂O ao nível metabólico contém o oxigénio que é necessário para a fotossíntese e o hidrogénio utilizado na redução do dióxido de carbono, a formação de ATP's, envolve a extracção de componentes de água do ADP durante o processo de fosforização.

O estado hídrico da planta está relacionada com o balanço absorção e das perdas por transpiração. A absorção está intimamente relacionada com a dispersão das raízes no terreno, e a transpiração está relacionada com a disponibilidade energética para vaporizar a água e das resistências ao movimento da água e de vapor ao longo do percurso solo-planta-atmosfera.

Existem inúmeros factores como a humidade relativa do ar, o vento, a taxa de transpiração e o potencial hídrico da folha, que influenciam o estado hídrico em que a planta se encontra, pois são componentes ambientais e fisiológicos que alteram a presença de água na planta. A videira responde à ausência de água com o fecho dos estomas, reduzindo assim a transpiração, permite resistir a períodos de secura. O estado hídrico da planta varia com a fase do ciclo, com a hora do dia e com a disponibilidade de água no solo.

II.4.4. Fotossíntese

A luz solar é a fonte primária de toda a energia que mantém a biosfera do nosso planeta. Por meio da fotossíntese, as plantas convertem a energia solar em energia química. O processo fotossintético das plantas ocorre nos cloroplastos e resulta na liberação de

oxigênio molecular e na captura de dióxido de carbono da atmosfera, que é utilizado para sintetizar hidratos de carbono (Bidlack, *et al.*, 2003).

A fotossíntese é um processo muito complexo que compreende muitas reacções físicas e químicas, que ocorrem de maneira coordenada em sistemas de proteínas, pigmentos e outros compostos associados a membranas. Em geral, o processo fotossintético é analisado em duas etapas interdependentes e simultâneas, etapa fotoquímica ou "luminosa" e a segunda etapa química ou ciclo fotossintético redutivo do carbono. Os produtos primários da etapa fotoquímica são o ATP e o NADPH₂. Nessa etapa, também ocorre a liberação do oxigênio, como subproduto da dissociação da molécula da água. A etapa química da fotossíntese é uma etapa basicamente enzimática, na qual o dióxido de carbono é fixado e reduzido até hidratos de carbonos, utilizando o NADPH₂ e o ATP produzidos na etapa fotoquímica (Blankenship, 2002).

O processo fotossintético ocorre dentro dos cloroplastos, que são plastídeos localizados em células especializadas das folhas (células do mesofilo paliçádico e do mesofilo lacunoso). O número de cloroplastos por célula varia entre um e mais de cem, dependendo do tipo de planta e das condições de crescimento. Os cloroplastos têm forma de discos com diâmetro de 5 a 10 micrões, limitado por uma dupla membrana (externa e interna) (Govindjee *et al.* 2006).

A luz, é a fonte primária de energia na fotossíntese, é parte da radiação electromagnética que é visível ao olho humano. A "luz visível" têm comprimentos de onda que vão do violeta, com cerca de 380 nm, ao vermelho, com 700 nm. Essa faixa do espectro de radiação electromagnética também é chamada "radiação fotossinteticamente activa". Para que a fotossíntese ocorra, os pigmentos fotossintéticos (clorofilas) devem absorver a energia de um fóton de dado comprimento de onda e, então, utilizar essa energia para iniciar uma cadeia de eventos da fase fotoquímica da fotossíntese (Bidlack, *et al.*, 2003)

Para que exista captação da radiação luminosa têm que existir pigmentos fotossintéticos. Em plantas superiores, os principais pigmentos fotossintéticos são as clorofilas (a e b) e os carotenóides. As clorofilas são os pigmentos que dão às plantas a sua cor verde característica. A clorofila "a" é verde-azulada e a "b" é verde-amarelada. A clorofila "a" ocorre em todos os organismos fotossintéticos que liberam O₂. A clorofila "b", cujo teor é de cerca de 1/3 do da clorofila "a". Os máximos de absorção (comprimento de onda correspondente a um pico na curva de absorção de luz) da clorofila "a" são 420 e 660 nm nas regiões azul e vermelho, respectivamente. Os máximos de absorção da clorofila "b"

correspondem, respectivamente, a 435 e 643 nm nas regiões azul e vermelho (Govindjee *et al.*, 2006)

Os carotenóides são pigmentos amarelados ou alaranjados, denominados de pigmentos fotossintéticos acessórios, encontrados em todas as células responsáveis pela fotossíntese. Normalmente, a sua coloração nas folhas é mascarada pela clorofila. Os carotenóides têm espectros de absorção de luz na região entre 400 a 550 nm. Os carotenóides situam-se nas membranas tilacoidais em íntima associação com as clorofilas. A energia absorvida por esses pigmentos pode ser transferida para a clorofila “a” durante a fotossíntese. Além disso, os carotenóides protegem as moléculas de clorofilas e proteínas contra a foto-oxidação sob luz excessiva (Blankenship, 2002).

A actividade fotossintética depende de inúmeras reacções bioquímicas. Factores ambientais como a luz, a temperatura, a atmosfera e a água podem afectar a fotossíntese a diferentes níveis. Por outro lado, a folha e a sua posição na planta devem ser consideradas pelo facto de influenciar o processo de absorção de luz, pois este é um dos factores que mais influencia a fotossíntese. Factores internos também têm que ser levados em linha de conta como idade da folha, quantidade de pigmentos, estrutura da folha e o grau de hidratação (Bidlack, *et al.*, 2003).

II.5. Casta “Touriga Nacional”

A cultura da vinha remonta há cerca de quatro mil anos, na zona oriental do mar Negro, na Transcaucásia, no actual território da Geórgia, à Arménia e ao Azerbaijão. (Reynier, 1995). Na viticultura mundial, existe um domínio de castas internacionais como Cabernet Sauvignon e Chardonnay, no entanto a viticultura portuguesa parece contrariar esta tendência utilizando castas tradicionais. Este facto dá uma identidade ao vinho português e diferencia-o dos seus pares. Existem imensas variedades tipicamente lusas, cada uma com as suas características próprias.

A casta “Touriga Nacional” foi, em tempos, a casta dominante na região do Dão e a responsável quase exclusiva pela fama dos vinhos da região vitivinícola do Dão. É hoje, uma das mais utilizadas no Douro e tida como uma das mais nobres castas tintas portuguesas. A sua fama tem vindo a espalhá-la por quase por todas as regiões vitícolas portuguesas, do extremo Norte até ao Algarve, e está mesmo a aguçar a curiosidade de viticultores estrangeiros (Ghira, 2004).

A “Touriga Nacional” antes de alcançar o estatuto actual de grande casta nacional, teve uma fase de declínio no período pós-filoxera, diminuindo drasticamente a sua presença na região

do Dão de onde é originária. De acordo com o cadastro de 1986 representava apenas 5%, o mesmo acontecia na região do Douro (IVV, 2010).

A casta “Touriga Nacional” adapta-se a todos os tipos de solo, embora o *terroir* onde a casta exprime as suas melhores características tenha que apresentar elevada insolação e temperaturas elevadas, o que proporciona um comportamento satisfatório com a maioria dos porta-enxertos mais utilizados. É uma casta de alto vigor e com vegetação de porte retombante. Em contrapartida esta casta é resistente ao míldio e ao oídio e pouco afectada pela podridão dos cachos (IVV, 2010).

Segundo o mesmo autor, em termos de vinificação esta casta dá origem a vinhos complexos e de qualidade muito elevada, com uma grande intensidade das componentes da cor e aroma, redondos e macios lembrando frutos silvestres maduros, apresentando também uma elevada capacidade para o envelhecimento, em particular em madeira.

Até há pouco tempo era considerada a nobre estrela do lote que compõe o Vinho do Porto e os tintos do Douro. Hoje, a Touriga Nacional é celebrada em diversas outras regiões portuguesas e está na base de vinhos de qualidade no Dão, Estremadura, Ribatejo, Beiras, Alentejo, Bairrada, Península de Setúbal e até no Algarve.

Objectivo do Trabalho

Este é um trabalho em total cooperação com o projecto I&D SIAM VITI, que tem como objectivo determinar quais as alterações climáticas na viticultura e, assim determinar os cenários, impactos e medidas de adaptação.

Pretende-se com o presente trabalho obter um melhor conhecimento da influência de alguns dos factores determinantes na fisiologia e ecofisiologia da videira, como ferramenta no estudo do impacto das alterações climáticas em viticultura. Deste modo, procura-se estudar o efeito de dois *terroirs* diferentes (Dois Portos e Nelas), na casta “Touriga Nacional”.

III – Material e Métodos

III.1. – Caracterização da Parcela de Ensaio

Os ensaios foram instalados em duas importantes regiões vitivinícolas em Portugal, um na região de Lisboa (ex Estremadura) e outro na região vitivinícola do Dão.

III.1.1. Região de Lisboa

III.1.1.1. Descrição da parcela Experimental

A região vitivinícola de Lisboa é uma região que se encontra entre o paralelo 38 e 39° Norte, no centro oeste de Portugal continental. Esta região encontra-se junto ao oceano Atlântico sendo influenciada por esta enorme massa de água constituindo assim uma zona heterogénea. O seu relevo é acentuado, encontra-se entre os 50 e 200 m, embora existam zonas montanhosas que podem chegar aos 600 m (Serra de Montejunto e Serra dos Candeeiros entre outras de menor altitude e dimensão). Esta é uma região com 27 municípios que tem uma dimensão de 5643 Km² (6,2% da área de Portugal continental) com cerca de 20 000 ha de vinha (Mendonça, 2005).

O ensaio foi instalado na Quinta da Almoinha (Fig. 6), nas instalações do INRB (Instituto Nacional dos recursos Biológicos) em Dois Portos. O ensaio encontra-se nas coordenadas 39°02'34.26 N, 9°10'54.74 W, a uma cota de 76 metros, a parcela é constituída por 1.68 ha de “Touriga Nacional”.

O ensaio no *terroir* de Dois Portos foi instalado num sistema de condução em monopiano vertical ascendente, com poda em cordão Royat bilateral com orientação Norte-Sul. À densidade de plantação é de 2 959 plantas/ha (2,60 x 1,30m), com uma carga á poda de 47 328 olhos/ha. O tronco apresenta uma altura de 50cm do solo e a sebe tem 135cm de altura. O ensaio foi instalado em videiras da casta “Touriga Nacional” enxertadas no porta-enxerto R110.

Os dados foram recolhidos numa amostra de dez videiras na mesma linha, com o mesmo número sarmentos (24). Os dados presentes neste trabalho foram recolhidos no ciclo biológico de 2010.



Figura 6 - Quinta da Almoinha em Dois Portos, a parcela delimitada mostra a localização do ensaio (adaptado Google Earth).

III.1.1.2. Clima

A zona de Lisboa apresenta uma temperatura entre os 12.5 e os 17.5°C, com uma amplitude térmica de 10-11°C nos meses mais frios. A humidade média anual varia desde 85% (litoral) até aos 75% (zona oriental). No caso da precipitação existe uma grande variação vai desde 1600 aos 500mm anuais (Mendonça, 2005). A região tem uma insolação de 2400 a 3100 horas médias anuais e o número de dias com nevoeiro no período de Abril a Setembro é de 42.8 (médias de 1955-1980).

De acordo com o Índice heliotérmico (IH) de Huglin (1978), a região de Dois Portos apresenta 2 246.3 (médias de 30 anos 1971-2000), este valor considera a região como temperada quente (IH +1), proporcionando assim condições para castas tintas com um ciclo longo.

A região de Lisboa no centro litoral está delimitada por duas grandes serras, serra Montejunto e a serra dos Candeeiros que o protege da zona continental, em confronto com a enorme massa de água do oceano Atlântico que promove um efeito sobre o clima da região (Ghira 2004).

III.1.1.3. Solo

A região de Lisboa apresenta um mosaico de solos bastante rico, é possível encontrar desde solos calcários a vertissolos crômicos. Encontramos nesta região terras de aluvião que contrastam com as encostas onde abundam os calcários secundários e as várzeas, em oposição aos maciços montanhosos da fronteira oriental da região. O tipo de solos predominantes na região, são os solos argilo-calcários e argilo-arenosos, de cor vermelha ou pardos, que têm uma boa aptidão na área da viticultura. Na parcela de ensaio o solo é um aluviosolo moderno, fluviosolo de textura franca. Esta região apresenta solos com declive 6 a 16% (meia encosta) (Ghira, 2005).

III.1.2. Região Vitivinícola do Dão

III.1.2.1. Descrição da parcela Experimental

A região vitivinícola do Dão tem uma latitude de 40° Norte, situa-se no centro norte de Portugal, na província da Beira Alta, esta caracteriza-se por um relevo acidentado que é determinante para o microclima existente na região. A altitude varia entre 400 a 700m, encontra-se junto à maior cadeia montanhosa de Portugal continental (Serra da Estrela), o que leva a uma dispersão da vinha desde cotas como 400m a até 1000m. Esta região tem cerca de 20 000 hectares de vinha em que a área plantada de Touriga Nacional aumentou de 422 hectares nos anos 80, para 1300 hectares em 2008 (CVRDão, 2008).

Na região vitivinícola do Dão o ensaio foi instalado na Quinta da Cale (Fig. 7), nas instalações do Centro de Estudos Vitivinícolas do Dão em Nelas. O ensaio foi implementado nas coordenadas 40° 31' 25.19 N, 7° 51' 23.15 W, a uma cota de 425 metros.

O ensaio no *terroir* de Nelas foi instalado tal como no *terroir* de Dois Portos num sistema de condução em monopiano vertical ascendente, com poda em cordão Royat bilateral com orientação Norte-Sul. A vinha tem uma densidade de 4 545 plantas/ha (2,00 x 1,10m) e uma carga à poda de 54 500 olhos/ha, o tronco tem 50cm de altura e a sebe tem 160cm até ao fim da vegetação. O ensaio foi instalado em videiras da casta “Touriga Nacional” enxertadas no porta-enxerto 1103P.

Os dados presentes neste trabalho foram recolhidos no ciclo biológico de 2010. As amostras de dados foram recolhidas em dez videiras na mesma linha, com um número de sarmentos igual (22).



Figura 7- Quinta da Cale em Nelas, a parcela delimitada mostra a localização do ensaio (adaptado Google Earth).

III.1.2.2. Clima

A região do Dão é marcada pela influência do oceano atlântico, constitui a fase de transição notória de poente para nascente, em que encontramos as paisagens de um Minho luxuriante, generoso e todo retalhado, e uma Beira Transmontana um tanto agreste, austera e pouco povoada (Enoteca, 2010).

A Zona do Dão possui um clima temperado, de Verões quentes e secos, e Invernos chuvosos e temperaturas moderadamente baixas. A região sofre uma influência muito acentuada da imponente Serra da Estrela (Loureiro 2004).

Esta região durante o período de Verão, apresenta condições climáticas mediterrâneas, devido a influência do oceano atlântico. As temperaturas nesta época do ano oscilam entre os 18 a 20°C com temperaturas máximas de 28 e 38°C, sendo que as chuvas no Verão são raras.

No período do Inverno as temperaturas nos meses de Dezembro e Janeiro podem chegar aos 2°C na zona centro, a humidade do ar é bastante elevada e a precipitação persistente (Loureiro, 2004). A insolação média anual é de 2448.3 horas e o número de dias com nevoeiro no período de Abril a Setembro é de apenas 10.7 dias (médias de 1955-1980).

O Índice heliotérmico (IH) de Huglin (1978), apresenta a região vitivinícola do Dão com um índice heliotérmico de 2 025.2 (médias de 30 anos 1971-2000), este valor considera a região

como temperada (IH -1), proporcionando assim condições para castas tintas de menor ciclo comparando com a região de Dois Portos.

III.1.2.3. Solo

Segundo Loureiro (2004), a região vitivinícola do Dão pertence ao chamado maciço antigo Ibérico, que contem rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares anteriores à era secundária. Os granitos são a rocha maioritária, estando presente em cerca de 70 % da superfície da região. Os solos de estrutura xistosa, mais compactos e argilosos e com maior capacidade de retenção de água e nutrientes, ocupam um pouco mais de 20 % da superfície, o que significa que a maioria das vinhas estão implementadas em solos de substrato granítico.

O solo da parcela experiemntal é granítico, ácido, de textura arenosa, apresentando alguns elementos grosseiros e uma espessura específica não superior a 1.5 m.

III.2. – Material Vegetal

Nos dois campos de ensaio utilizou-se a casta “Touriga Nacional” que é originária da região do Dão, onde é possível encontrar uma maior variabilidade genética das videiras dessa região (Martins et al. 2009). É uma casta que apresenta uma elevada fertilidade, mesmo nos gomos basais, sendo muito sensível ao desavinho. Adapta-se a qualquer tipo de poda, apresenta uma vara de dureza média, sendo a sebe de difícil condução. A maturação mais tardia que a casta “Jaen” (IVV, 2010).

Em termos morfológicos a “Touriga Nacional” tem um ramo jovem com ápice vegetativo aberto e as gavinhas encontram-se distribuídas de dois em dois nós sucessivos. A flor é hermafrodita, no caso das folhas adultas apresentam muito polimorfismo, com principais características ser pequena, pentagonal e quinquelobada, com dentes curtos e convexos. A página superior apresenta uma tonalidade verde médio, plana, com fraco empolamento. No caso da página inferior contem fraca pilosidade. O sarmento da “Touriga Nacional” tem uma morfologia achatada e estriada costado. O cacho é de dimensão reduzida, mas compacto, o bago é pequeno e não uniforme, a polpa não é corada, com uma rigidez elevada, suculento e de sabor especial (Sousa, 1985).

A casta “Touriga Nacional” apresenta um cacho pequeno e alongado, ostenta bagos diminutos, arredondados e não uniformes, e uma epiderme negra-azul revestida de forte pruína. A sua polpa é rija, não corada, suculenta e de sabor peculiar. Origina vinhos de cor tinta intensa com tonalidades violáceas quando novos. O aroma é igualmente intenso a frutos pretos muito maduros, com algo de selvagem, silvestre (amoras, rosmaninho,

alfazema, caruma, esteva). (Brites & Pedroso, 2000). Possui elevado potencial para envelhecimento prolongado adquirindo nessa altura, uma elegância, um aroma e sabor aveludados inconfundíveis.

III.3. – Metodologias de Fito-sensores

III.3.1. Instalação dos Sensores de Recolha de Dados Continua

Em ambos os terroirs foram instalados um conjunto de sensores, com o objectivo de monitorizar alguns parâmetros de forma contínua, podendo estes serem usados em modelos de previsão do comportamento da planta. Os sensores instalados foram dendrômetros (diâmetro do tronco e do fruto) e termómetros (folha e bago), este conjunto de sensores recolhe os dados em intervalos regulares transmitindo através de ondas rádio (Fig. 8) para um servidor durante todo o ciclo (fim de floração a vindima). Os dados recolhidos por esta bateria de sensores, serão utilizados no projecto SIAMVITI, no estudo das alterações climáticas em viticultura, a fim de determinar cenários, impactos e medidas de adaptação face as novas mudanças climáticas.



Figura 8- Mastro de suporte de transmissão de dados. (fotografia de autor)

Os sensores do diâmetro do fruto, diâmetro do tronco, temperatura da folha e fruto, foram instalados em ambos os *terroirs*, em videiras da casta “Touriga Nacional”. Os dados são registados num servidor, podendo-se assim, visualizar as alterações ao longo do dia. Estes sensores são da marca PhyTalk Series.

Os dados fornecidos por esta bateria de sensores, são armazenados informaticamente num servidor disponível online, e por fim analisados através de um software Phytograph. A monitorização contínua do coberto vegetal, pode ser utilizada por modelos de previsão de comportamento da planta, ajudando assim numa melhor interpretação das alterações que se têm vindo a sentir na última década ao nível do clima.

III.3.1.1. Dendrômetros

O sensor responsável pelo diâmetro do tronco e do fruto, é composto por duas pinças, uma para o diâmetro do tronco e outra para o diâmetro do bago, com os dados recolhidos (mm), podemos observar as variações de perdas de água no bago e no tronco ao longo do ciclo vegetativo da planta.

O dendrômetro do tronco foi instalado abaixo da vegetação a cerca de 30cm do solo, este sensor normalmente não necessita de ser ajustado em termos de tamanho da pinça, uma vez que as alterações ao longo do tempo são apenas de alguns milímetros.

No sensor do diâmetro do bago (Fig. 9) a sua instalação foi executada num bago quando este se encontrava no estado fenológico de cacho fechado, num bago médio do lado poente. Este sensor terá que ser mudado com o decorrer do ciclo biológico, pois devido à força exercida pela pinça do dendrômetro pode levar a uma deformação ligeira do bago.



Figura 9- Pinça responsável pela medição do diâmetro (fotografia do autor).

III.3.1.2. Sensor de Temperatura

O sensor de temperatura (Fig. 10) regista a temperatura da folha e bago em intervalos contínuos ao longo do dia. Esta temperatura pode ser influenciada por variáveis tais como vento, humidade do ar, a cor do corpo, humidade do solo, radiação incidente entre outros. De todos estes factores a radiação incidente é a responsável pela maior amplitude térmica do corpo. Devido ao movimento do sol deve ser eleito um dos lados da sebe para a recolha de dados pois só existem dois termopares por ilha, a recolha de dados no início do ciclo foi levada a cabo em ambos os lados da sebe pois os bagos não apresentam tamanho suficiente para a monitorização da temperatura, medindo assim a temperatura de uma folha de ambos os lados da sebe. Após o pintor o termopar do lado nascente foi transferido para o bago no lado poente, apresentando-se assim os dois termopares do lado poente.

Ambos os sensores não necessitam de ajustamento ao longo do ciclo vegetativo.

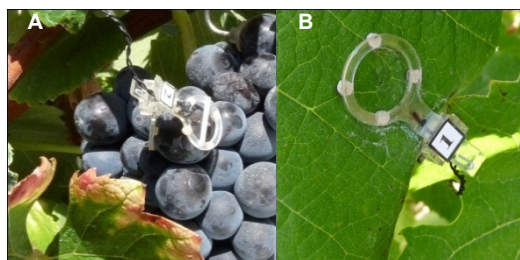


Figura 10.– Sensor de temperatura do bago (A) e da folha (B). (Fotografia do autor).

III.4. – Medições da Actividade Fisiológica da Videira

III.4.1. Estados Fenológicos

A observação e o registo dos estados fenológicos são fundamentais em qualquer ensaio, pois permitem o estabelecimento de uma escala de tempo biológico (Carbonneau, 1981).

A evolução da fenologia ao longo do ciclo vegetativo foi feita tendo por base a escala de Baggiolini. Efectuou-se o registo das datas médias, nos dois *terroirs* dos principais estados fenológicos, de onde se destaca o abrolhamento (C), floração (I), pintor (M) e data de vindima.

III.4.2. Sensor de Humidade do Solo

A humidade do solo é um factor importante para determinar qual o estado hídrico da planta, assim é possível prever a quantidade de água disponível para a planta, e sua distribuição ao longo do perfil. O sensor utilizado na recolha de humidade do solo foi o Diviner 2000, este é um dispositivo portátil de medição de água no solo ao longo de várias profundidades (10, 30, 60 e 90cm) no perfil. O Diviner 2000 consiste em uma sonda que ao ser introduzida no solo determina a percentagem de humidade a cada 10cm, esses dados são armazenados e visualizados num programa próprio.

Em ambos os ensaios, o perfil de solo medido encontra-se entre os 10 e os 90cm de profundidade numa amostra de 4 tubos de acesso, com três repetições por cada tubo. A recolha de dados foi executada quando de outras medições (fotossíntese e potencial hídrico foliar).

III.4.3. Potencial Hídrico Foliar

As medições do potencial hídrico foliar, foram realizadas pelo método da câmara de pressão (Manofrígido S.A.), de acordo com o descrito por Scholander et al., (1965), no qual se estima a capacidade das células para a captação de água livre, e em que se utiliza um gás

neutro para exercer pressão. Quanto menor for a quantidade de água livre na planta, maior será a pressão necessária para a fazer sair (Deloire et al., 2003).

As medições foram executadas em duas partes do dia específicas, a primeira foi executada antes do amanhecer (4h) (potencial de base) e a segunda realizou-se no meio-dia solar (14h) (potencial hídrico do ramo).

O potencial hídrico de base é observado numa folha expandida do terço médio da planta, no lado nascente da sebe. O potencial hídrico do ramo é realizado numa folha expandida exposta, que é previamente (duas horas antes da medição) envolvida num saco de plástico e tapada com uma folha de alumínio, eliminando assim a radiação incidente na folha e o armazenamento da transpiração da folha.

A amostra para ambos os potenciais hídricos (base e do ramo), é constituída por 10 folhas adultas expostas recolhidas pelas 10 videiras do ensaio. A colheita é executado no terço médio da planta, devido à perda de água da folha, a câmara de pressão utilizada deve encontrar-se o mais próximo possível da planta (Lopes, 2004).

A recolha de dados foi executada desde do período da floração até à vindima, pois é durante este período que o equilíbrio entre o stress hídrico e o excesso de água é decisivo para uma qualidade superior do produto final. A recolha foi periódica a cada 15 dias, na região de Lisboa tiveram início no dia 1 de Junho e terminaram no dia 13 de Setembro de 2010, na região do Dão o início da recolha de dados foi no dia 12 de Junho e terminou a 10 de Setembro de 2010. Neste procedimento usa-se uma câmara de pressão tipo Scholander.

III.4.4. Trocas Gasosas ao Nível dos Estomas

As trocas gasosas foram determinadas através de um IRGA portátil (Licor 6400 , USA), este mede a fotossíntese, condutância estomática, temperatura da folha, concentração interna de CO₂ e radiação PAR entre outros dados. Estes parâmetros são medições instantâneas, armazenadas no dispositivo portátil e de seguida descarregadas para o computador.

O sistema portátil Licor 6400 é composto por várias unidades como o analisador de CO₂, uma câmara para a inclusão da folha (6 cm²), uma unidade de fornecimento de CO₂ para controlo do mesmo na câmara, sensores de temperatura da folha e radiação PAR. A concentração de CO₂ é padronizada para ambos os *terroirs*, a recolha foi executada com uma concentração de 360 a 400 mmol m⁻² s⁻¹ (concentração ambiente).

A recolha foi periódica ocorrendo a cada 15 dias, as medições tiveram início no período da floração até à vindima. Todas as medições de trocas gasosas foram feitas às 10, 14 e 16h, assim é possível acompanhar a evolução da fotossíntese ao longo do dia, a recolha de dados foi feita segundo o esquema da figura 11 (a folha deve ser analisada na posição original). Este esquema de recolha de dados, possibilita analisar quais as zonas da planta com maior taxa de trocas gasosas. A medição dos dados é executada em 6 plantas de cada ensaio.

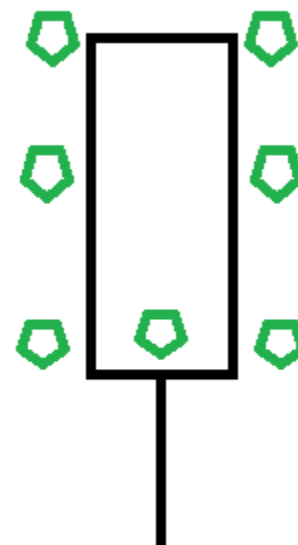


Figura 11– Posição da folha na recolha de dados.

Durante o período nocturno também foram registadas as trocas gasosas, as medições foram feitas antes do amanhecer (5h) na mesma data das trocas diurnas e do potencial hídrico.

III.5. – Caracterização da Densidade do Coberto

III.5.1. Dimensão do Coberto

A dimensão do coberto foi executada com base no método de “point quadrat” (Smart e Robinson, 1991), através da medição das 10 videiras do ensaio. Foi determinado a altura da sebe entre o início da vegetação e o local da despona (H), a da largura mede-se ao nível dos cachos (h), como mostra a figura 12.

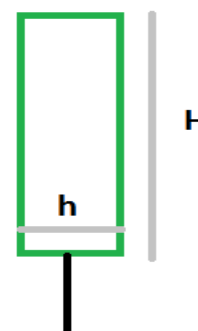


Figura 12– Dimensão do coberto.

As medições da dimensão do coberto foram levadas a cabo no *terroir* de Dois Portos no dia 17 de Agosto e em Nelas no dia 23 de Agosto de 2010, numa amostra de 10 videiras ao longo da linha do ensaio.

- Espessura do coberto (h)
- Altura (H).

III.5.2. Área Foliar

A área foliar foi calculada de acordo com o método desenvolvido por Lopes e Pinto, (2005), em que por cada lançamento foi registado o número de folhas, o comprimento das nervuras laterais secundárias, esquerda (L2e) e direita (L2d), da maior e menor folha do sarmento eleito (nervura principal > 3 cm) de modo a obter a área média de uma folha. O mesmo procedimento foi tomado para se calcular a área foliar das netas num sarmento.

AF (sarmento) = AF (sarmento principal) + AF (netas)

AF (videira) = AF (sarmento) x N^o médio de sarmentos por videira

A medição da área foi executada no *terroir* de Dois Portos no dia 17 de Agosto e no *terroir* Nelas no dia 23 de Agosto de 2010, amostra foi constituída por dois sarmentos de dez videiras em cada um dos ensaios.

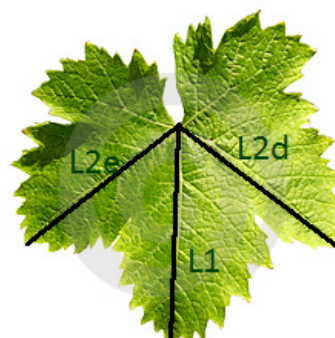


Figura 13 –face superior de uma folha de videira

L1- nervura principal

L2- nervura lateral esquerda

L3 – nervura lateral direita

III.5.3. Número de Camada de Folhas

Através do método “Point Quadrat” de classificação das sebes (Smart & Robinson, 1991), é feita com a atribuição do valor máximo (sebe ideal) a sebes com uma certa percentagem de buracos, um baixo número de camadas de folhas (NCF) e uma boa exposição dos cachos.

A técnica utilizada consiste na passagem de uma vara fina transversalmente, através do coberto, registando o número de contactos com folhas e cachos. Esta determinação é feita de forma aleatória a altura dos cachos, e ao nível vegetativo (Lopes, 1994). Em cada intercepção foram anotados os contactos com as folhas (F) e com os cachos (C) e registados os buracos (B), de forma a calcular os seguintes índices:

$$\% \text{ de buracos} = \frac{N^{\circ} \text{ Total de Buracos}}{N^{\circ} \text{ Total de Inserções}} \times 100$$

$$\text{Número de camadas de folhas} = \text{NCF} = \frac{N^{\circ} \text{ Total de Folhas Tocadas}}{N^{\circ} \text{ Total de Inserções}}$$

$$\% \text{ de folhas interiores} = \frac{N^{\circ} \text{ Total de Folhas Interiores}}{N^{\circ} \text{ Total de Contactos com Folhas}} \times 100$$

$$\% \text{ de cachos interiores} = \frac{N^{\circ} \text{ Total de Cachos Interiores}}{N^{\circ} \text{ Total de Contactos Cachos}} \times 100$$

A medição do numero de camada de folhas, foi executada em simultâneo com as medições da área foliar e do método “Point Quadrat” (Smart e Robinson, 1991) sobre as mesmas videiras. As medições foram executadas em 10 videiras por linha de ensaio., em cada uma das videiras foram levadas a cabo oito inserções.

III.6. – Evolução da Maturação

Evolução da maturação consistiu na recolha de uma amostra, de 200 bagos aleatória ao longo do ensaio. A recolha dos bagos deu-se no final da maturação dos cachos. A recolha de dados iniciou-se no *terroir* de Dois Portos em 24 de Julho a 24 de Setembro, no caso de Nelas iniciou-se a 06 de Setembro terminando no dia 27 de Setembro de 2010.

Na evolução da maturação a análise foi executada aos seguintes parâmetros: grau provável, acidez total e pH. Através destes parâmetros podemos determinar com maior previsão da data correcta de vindima.

As análises efectuadas às amostras, foram realizadas no laboratório das instalações do INRB (Instituto Nacional dos Recursos Biológicos) de Dois Portos e no Centro de Estudos Vitivinícolas de Nelas.

III.7. – Vindima

A data da vindima foi determinada em função dos índices de maturação observados e das condições atmosféricas, tendo-se realizado no dia 24 de Setembro, no *terroir* de Dois Portos e 27 de Setembro de 2010 em Nelas. Foram vindimadas as videiras do ensaio, tendo se registado o número de cachos e o peso total dos cachos por videira.

III.8. – Delineamento

O tratamento estatístico do efeito do *terroir* nos parâmetros caracterizadores da densidade do coberto vegetal e na produção, foram efectuados através do programa SPSS versão 11.5, utilizando uma ANOVA.

IV – Resultados

IV.1. – Evolução Climática

Na região de Lisboa podemos observar um aumento da temperatura nos últimos anos, no período de 1971-2000 a temperatura máxima é inferior à registada em 2001-2009, no caso da temperatura mínima a discrepância não é tão acentuada (Fig. 14a). No que diz respeito à precipitação, verifica-se que sofreu uma diminuição na última década comparando com o período de 1971-2000, o somatório da precipitação em 1971-2000 é de 720 mm, já em 2001-2009 desce para 568 mm. Na região vitivinícola do Dão a tendência é a mesma observada na região de Lisboa, isto é, a temperatura tende a aumentar e a precipitação a diminuir (Fig. 14b). A temperatura máxima na região do Dão durante os dois períodos (1971-2000 e 2001-2009) não apresenta uma alteração tão significativa como em Lisboa, embora exista um ligeiro acréscimo no que diz respeito à temperatura máxima. No caso da temperatura mínima, existe um aumento ao longo de todos os meses.

A precipitação na região do Dão, diminuiu durante todo o ano, comparando 1971-2000 com a última década. No mês de Dezembro a pluviosidade decresceu aproximadamente 30 mm, o que representa uma grande descida, para um dos meses mais chuvosos do ano na região do Dão.

Podemos observar nas figuras 14a e 14b que as temperaturas máximas nos meses mais quentes no período de 2001-2009 são idênticas nas duas regiões. No caso das temperaturas mínimas em Nelas verificou-se uma menor temperatura (sempre inferior a 15°C). No caso da precipitação na região de Dois Portos regista-se sempre uma pluviosidade inferior à registada em Nelas.

O período de 2001-2009 é muito reduzido para que se possa afirmar que existe uma alteração no clima de cada uma das regiões, visto que o período mínimo para definir o clima de uma região é de 30 anos, definido pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) (IPCC, 2001). É possível apenas perceber a tendência da última década.

Como enunciado na revisão bibliográfica, na região mediterrânica nos últimos 40-50 anos verificou-se que a temperatura média apresenta uma tendência para aumentar, já no caso da precipitação tem vindo a diminuir (EEA, 2004). Segundo Miranda et al., (2006) a tendência da Península Ibérica é de um aumento de 2°C a 8.6°C, em relação à temperatura média do período de 1961 a 1990 e uma diminuição da precipitação média anual. Podemos

observar que quer na região de Lisboa quer na região do Dão, existe uma tendência semelhante, as temperaturas têm vindo aumentar nos últimos 10 anos e a precipitação tende a diminuir. Os dados recolhidos nesta última década podem ser apenas indicativos, pois trata-se de um período curto de observação.

Como foi possível observar as alterações nas variáveis climáticas têm consequências nos *terroirs*. Em larga escala as alterações nas condições ambientais podem modificar a localização das principais zonas de produção no planeta, tal como das áreas onde as culturas e as técnicas culturais estarão adaptadas de modo a tornar possível atingir níveis de produtividades rentáveis. Por outro lado, não existe uma resposta única por parte das diferentes plantas, ou seja, haverá vantagens para umas e desvantagens para outras. Pode-se, por isso, afirmar que a produtividade agrícola é vulnerável à alteração climática (Reddy e Hodges, 2000).

A região de Lisboa onde se encontra o ensaio de Dois Portos, está próxima do oceano atlântico o que lhe confere uma menor variação diária e anual de temperatura, isto devido ao efeito tampão que água tem sobre a temperatura do ar (Meijerhof, 2007). Este fenómeno pode ter um impacto importante nas alterações climáticas que se têm vindo a relatar, pois a região de Lisboa não terá um aumento tão acentuado devido a proximidade do oceano. A região vitivinícola do Dão encontra-se no centro do país sendo assim sujeita ao efeito continental, este facto pode levar a um aumento da temperatura na região.

A videira é uma planta exigente em luz, requerendo elevada insolação durante o período vegetativo, factor importante no processo da fotossíntese, bem como na definição da composição química da uva. A radiação solar recebida pela planta em determinado local é determinada em função da latitude, do período do ano, da nebulosidade, da topografia e da altitude, entre outros factores. Os ensaios estão localizados a latitudes um pouco diferentes, Dois Portos encontra-se a 39° enquanto que o ensaio em Nelas se encontra a 40°, a altitude também apresenta diferenças em ambos os *terroirs* o ensaio de Dois Portos está a 76 m enquanto que o ensaio de Nelas se encontra a 425 m. O número de dias com nevoeiro também são distintos, ao longo do ano Dois Portos tem em média 43 dias de nevoeiro, já Nelas apenas tem 11 dias. Todas estas diferenças poderiam influenciar a radiação em ambos os *terroirs*, mas ao analisar a insolação ao longo do ano podemos observar que não existe uma grande variação da mesma, a insolação nos meses de Abril a Setembro (período vegetativo) é idêntica em ambos os *terroirs*, com um número de horas de sol de 1609.9 em Dois Portos e 1563.2 no *terroir* de Nelas (médias de 1955-1980).

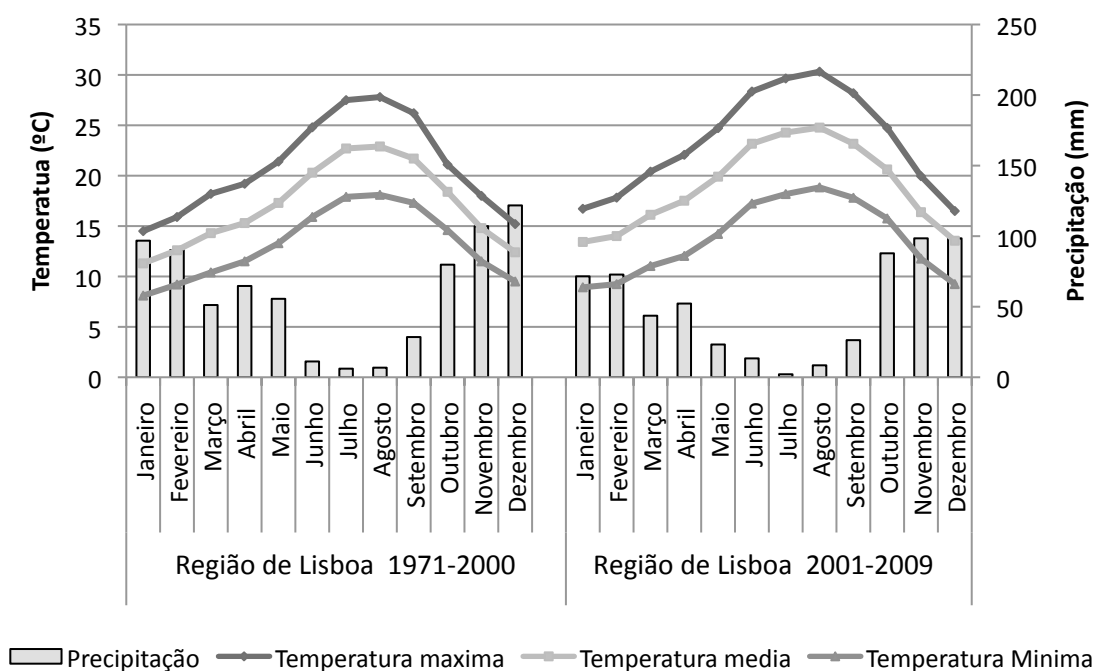


Figura 14a - Comparação da temperatura e precipitação nos períodos de 1971-2000 e 2001-2009 na região de Lisboa.

Fonte: <http://www.ncdc.noaa.gov/cgi-bin/res40.pl?page=gsod.html>, acedido a 24 de Setembro de 2010.

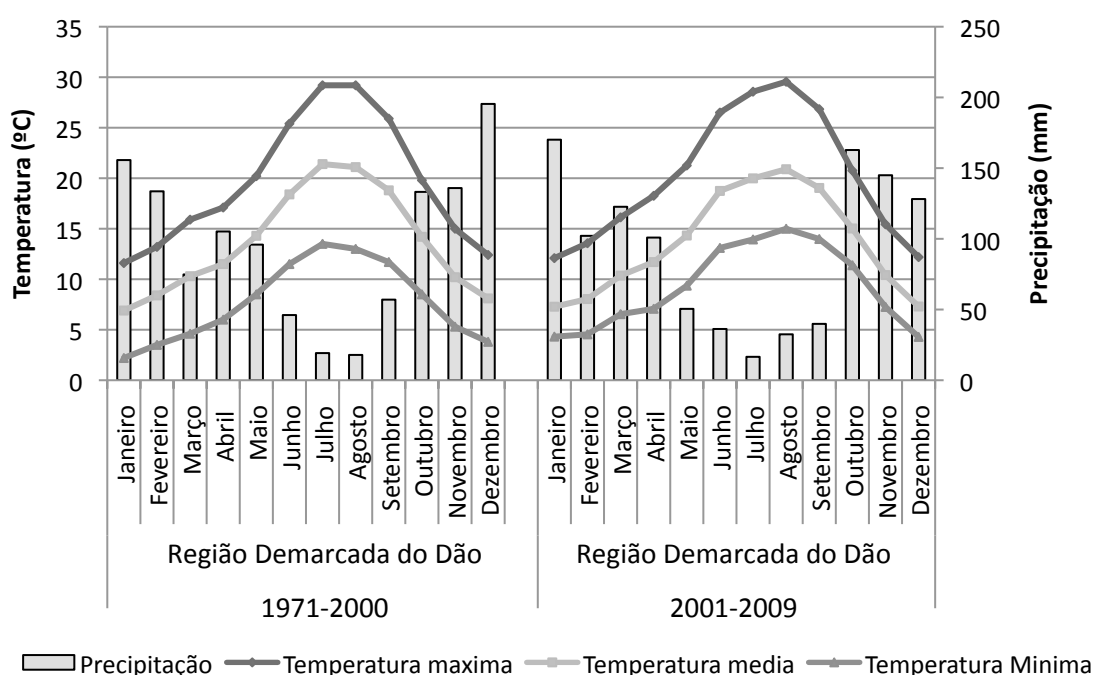


Figura 14b - Comparação da temperatura e precipitação nos períodos de 1971-2000 e 2001-2009 na região vitivinícola do Dão.

Fonte: <http://www.ncdc.noaa.gov/cgi-bin/res40.pl?page=gsod.html>, acedido a 24 de Setembro de 2010.

IV.2. – Dados Climáticos do Ano 2010 e a Evolução dos Estados

Fenológicos

Na figura 15 entra-se representado um gráfico termopluviométrico da região de Lisboa e da região vitivinícola do Dão. Verifica-se que nos primeiros meses do ano (Janeiro a Junho), a região de Lisboa apresenta sempre temperaturas superiores às temperaturas registadas na região do Dão. No decorrer dos meses de verão a região vitivinícola do Dão apresenta temperaturas máximas mais elevadas às observadas na região de Lisboa.

A precipitação no mês de Janeiro é inferior à registada na região do Dão, nos restantes meses, ambas as regiões apresentam valores idênticos durante todos os meses estudados (Janeiro a Outubro).

O número de dias desde do abrolhamento à data de vindima nos dois *terroirs* difere apenas de um dia, esta proximidade de ambos os *terroirs* a escala utilizada (escala de Baggiolini) que é pouco precisa. A escala Eichhorn & Lorenz (1977) seria mais adequada, pois a escala desenvolvida por estes autores, apresenta um maior detalhe tendo em linha de conta uma descrição dos valores das diversas fases de crescimento, dividindo o ciclo de crescimento sazonal em 24 etapas, utilizando para sua caracterização dois dígitos variando de 00-47, para um período que vai desde do abrolhamento até à queda das folhas (Anon. 1984).

Durante a fase de maturação entre o pintor e a vindima, verificou-se uma discrepância entre os dois *terroirs*, o pintor no ensaio de Dois Portos ocorre em 22 de Julho no caso do *terroir* de Nelas sucede no dia 2 de Agosto. A diferença pode dever-se a temperaturas mínimas mais baixas no *terroir* de Nelas, o que leva a um maior número de dias até ao pintor (Winkler et al., 1974).

A evolução fenológica do pintor a vindima, também apresenta diferenças em ambos os *terroirs*, no caso do *terroir* de Dois Portos este período ocorre em 64 dias no caso de Nelas ocorre num período de 57 dias. O menor número de dias em Nelas deve-se, a uma colheita mais precoce devido a factores climáticos desfavoráveis.

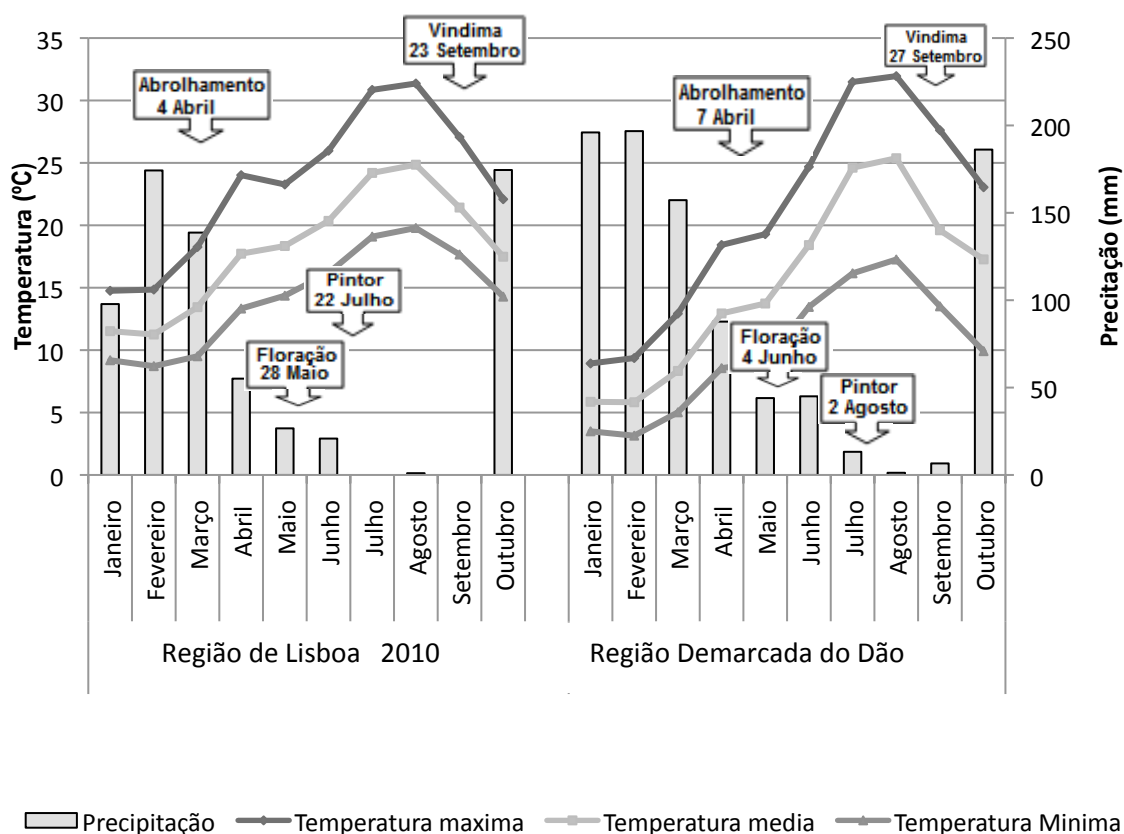


Figura 15 – Gráfico termopluviométrico com os dados dos primeiros 10 meses do ano de 2010, na região de Lisboa e região Demarcada do Dão e os principais estados fenológicos do ano em estudo (2010) segundo a escala de Baggiolini.

Fonte: <http://www.ncdc.noaa.gov/cgi-bin/res40.pl?page=gsod.html>, acedido a 3 de Novembro de 2010.

IV.3. – Caracterização do Coberto

No quadro 1 podemos observar que tanto a área foliar por folha principal como por neta, não apresenta diferenças significativas em ambos os *terroirs*, o mesmo acontece com a área foliar total por sarmento e a área foliar das netas por sarmento.

Tal como se pode observar no quadro 1, as sebes dos dois locais de ensaio não apresentaram espessuras significativamente diferentes. Relativamente à altura da sebe, verifica-se que em Nelas a sebe apresenta uma altura significativamente superior à sebe de Dois Portos. A diferença encontrada deve-se à forma de condução em cada um dos *terroirs*, em Nelas a distância na entrelinha é inferior à registada no *terroir* de Dois Portos conjugada com uma altura da sebe superior, isto pode levar a uma zona de sombra na linha adjacente em algumas horas do dia.

A superfície foliar exposta é uma característica do coberto muito importante, pois esta “parede” de vegetação é a principal responsável pela fotossíntese do coberto. É devido às folhas expostas e à radiação por elas interceptada que a planta executa a maior parte da fotossíntese (Chaves, 1986). Podemos observar que o *terroir* de Nelas tem

significativamente uma maior superfície exposta comparando com o *terroir* de Dois Portos. A diferença dos dois *terroirs* deve-se a distância que cada uma das vinhas tem na entrelinha, Nelas apresenta 2 metros na entrelinha e Dois Portos 2.60 metros, esta diferença leva a que o *terroir* de Nelas apresente um maior número de linhas por hectare aumentando assim a superfície foliar exposta em relação à registada em Dois Portos.

Quadro 1- Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) nos parâmetros caracterizadores da densidade do coberto vegetal.

	Dois Portos	Nelas	Sig.
Área foliar/Folha Principal (cm ²)	131.38±7.39	113.27±3.23	ns
Área foliar/Folha Netas (cm ²)	51.74±9.44	59.18±6.23	ns
Área Foliar total /sarmento (m ²)	0.35±0.02	0.38±0.02	ns
Área Foliar das netas / sarmento (m ²)	0.13±0.02	0.18±0.02	ns
Espessura Sebe ⁽¹⁾ (cm)	43±0.84	38±1.48	ns
Altura Sebe ⁽¹⁾ (cm)	136±2.86	161±2.90	*
Superfície Foliar Exposta ⁽²⁾ (m ² /ha)	12093±217	17975±304	*
Superfície foliar Total/Superfície foliar exposta	2.06±0.00	2.01±0.05	ns

Nota: Sig. – Significância pelo teste F: ns – não significativo e * - significativo ao nível 0.05. Média ± erro padrão de 2 medições X 10 plantas.

⁽¹⁾ Baseado nas dimensões médias da sebe espessura e altura – medidas com uma régua a vários níveis (médias de 10 medições por *terroir*).

⁽²⁾ Considerado, por simplificação, a sebe continua.

Segundo Smart (1985) o número de camadas de folhas (NCF) da sebe é um dos indicadores mais importantes para conhecermos a densidade e a sombra no coberto. Smart e Robinson (1991) referem que para um microclima adequado a sebe tem que apresentar um valor máximo de número de camadas de folhas (NCF) de 1.0 e 1.5, e que a percentagem de buracos deve encontrar-se entre 20 a 40%, para uma adequada exposição dos cachos.

Verifica-se que no *terroir* de Nelas o número de camada de folhas (NCF), está dentro dos valores preconizados por Smart e Robinson (1991) (Fig. 16). No caso do *terroir* de Dois Portos, o valor encontra-se no limite superior referido pelos mesmos autores.

O facto da sebe em Nelas não apresentar qualquer buraco, indica que se trata de uma sebe muito densa propiciadora de um microclima desfavorável na zona dos cachos, levando a prováveis problemas na maturação dos cachos e na sanidade da uva (Archer & Strauss, 1990). Existem autores que afirmam que a ausência de “buracos” tem um efeito negativo na maturação. Comparando vários autores (Smart, 1982; Shaulis e tal., 1966; Smart, 1988) os cachos mais exposto à radiação directa, com os cachos com menor incidência de luz, verificou-se que os cachos expostos apresentam uma maior acidez total e uma maior percentagem de açúcar. No *terroir* de Dois Portos, percentagem de buracos foi de 9%, valor muito inferior ao registado por Smart e Robinson (1991) para valores óptimos de percentagem de buracos na sebe.

A radiação fotossinteticamente activa vai diminuindo à medida que vai penetrando no coberto vegetal, as folhas no interior do coberto apresentam uma diminuição da actividade fisiológica, levando a uma senescência prematura (Smart, 1987). Fernandez *et al.*, (1997) afirma que um coberto em monoplano vertical, deveria conter apenas duas camadas de folhas sobrepostas, pois as folhas no interior do coberto devido à ausência de radiação fotossinteticamente activa tornam-se parasitas.

O número de folhas no interior da sebe (%Fint) em ambos os *terroirs* foi de 20%. Segundo Fernandez *et al.*, (1997) esta percentagem deve ser o menor possível, pois se o coberto não permitir a entrada de luz directa sobre as folhas, pode levar, como já foi referido, à ocorrência de folhas parasitas.

A percentagem de cachos expostos indica se a sebe em estudo apresenta ou não cachos com incidência de luz directa. A exposição à luz directa pode ser favorável em algumas circunstâncias, mas em outras pode ser desfavorável para o bago. A exposição do cacho pode ser benéfica em condições de clima frio, ajudando assim a uma melhor maturação (Reynolds *et al.*, 1985), a exposição excessiva em climas temperados, podem originar queimaduras no bago (Carbonneau & Casteran, 1989), diminuição da síntese de antocianinas e degradação das já existentes (Tomana *et al.*, 1979).

Com a subida das temperaturas do ar durante o período da maturação, os bagos tornam-se mais susceptíveis às queimaduras solares, os cachos mais susceptíveis desenvolvem-se nas zonas de sombra da vinha, pois apresentam uma película mais fina. Os cachos expostos desde o início do desenvolvimento são mais resistentes, mas mesmo estes podem ser danificados com o aumento da temperatura acima de 32 °C. Os danos podem ser causados pela intensidade luminosa sob a forma de queimaduras solares (Jackson *et al.*,

1993). A percentagem de cachos expostos (%Cexp) em Dois Portos foi de 50% e no *terroir* de Nelas cerca de 15%.

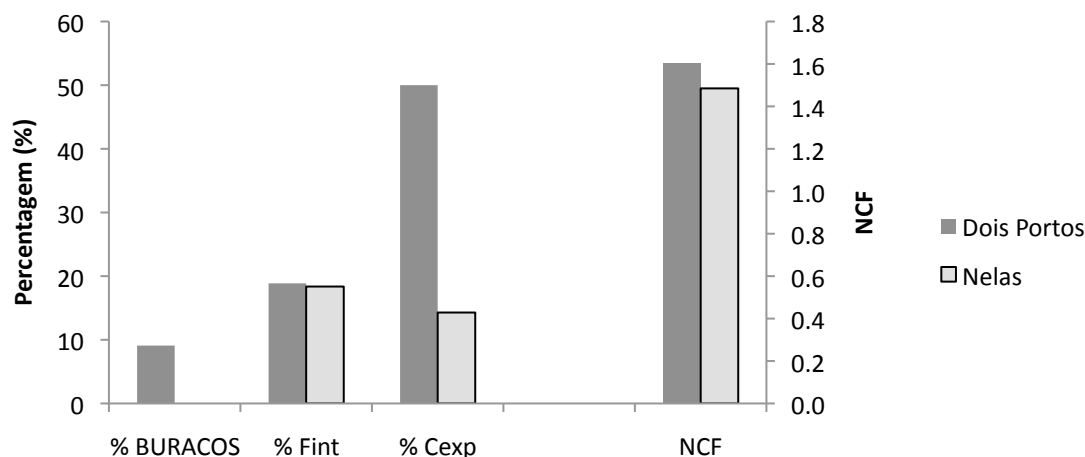


Figura 16 -Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na percentagem de buracos na sebe (%Buracos), percentagens de folhas no interior do coberto (% Fint), percentagem de cachos expostos (%Cexp) e no número de camada de folhas (NCF).

Recolha de dados: *Terroir* Dois Portos (17/08/2010) e *terroir* de Nelas (25/08/2010).

IV.4. – Ecofisiologia

IV.4.1. Humidade do Solo

Durante a maturação (2/8/2010) no *terroir* de Dois Portos a camada de solo até aos 30cm, apresenta uma humidade volúmica que varia dos 10 aos 25%. Esta humidade volúmica mantém-se até à profundidade de 90 cm. A camada superficial apresenta uma menor humidade volúmica devido as perdas por evaporação e ao enrelvamento. Com o decorrer do ciclo existe uma perda da humidade volúmica, no final da maturação (13/9/2010) essa perda é cerca de 5% ao longo de todo o perfil. Como podemos ver na figura 17 as raízes apresentam uma absorção homogénea ao longo de todo o perfil.

O *terroir* de Nelas no final da floração (2/7/2010) apresenta uma humidade volúmica de 15% e, no fim da maturação (13/9/2010) de 10%. A humidade volúmica do solo não apresenta uma grande variação ao longo do perfil.

É possível observar na figura 17 que o solo de Dois Portos apresenta uma maior humidade volúmica, isto deve-se ao tipo de solo presente em Dois Portos que é aluvião com grande capacidade de retenção de água, já no caso do *terroir* de Nelas o solo granítico porfiróide de textura grosseira com pouca capacidade de retenção de água.

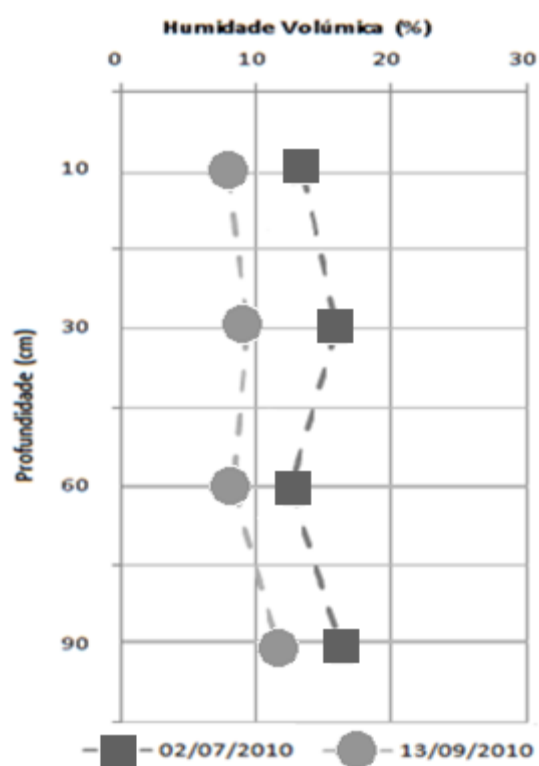
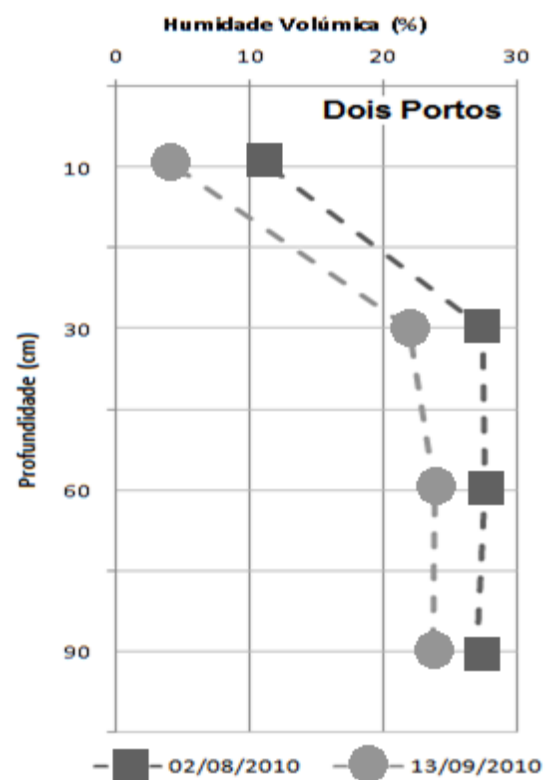


Figura 17- Efeito do terroir (Dois Portos e Nelas) na variação da humidade volúmica do solo a diferentes profundidades (10, 30, 60 e 90 cm) durante o período de maturação.

A Localização e o perfil de solo encontrado no *terroir* de Dois Portos, possibilitam a este uma baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água, o que lhe conferem uma humidade do solo bastante elevada. Ao longo da maturação do cacho a humidade do solo neste *terroir* (figura 18) apresenta pouca variação, no início de Agosto podemos ainda encontrar no perfil de solo (90cm) cerca de 230 mm de água, esse valor decresce até aos 185 mm no fim do ciclo (Setembro), o decréscimo é de apenas 45 mm.

No *terroir* de Nelas no mês de Julho o solo apresentava valores de humidade volúmica de 120 mm este valor vai decrescendo ao longo ciclo chegando aos 80 mm a 13 de Setembro, o que faz um diferencial de 40 mm, desde 16 de Julho a 13 de Setembro de 2010.

Comparando os dois *terroirs*, verifica-se que Dois Portos tem um perfil com uma maior capacidade de retenção de água que o *terroir* de Nelas. Em Dois Portos no início das medições (02 de Agosto) o perfil comportava cerca de 220mm no caso de Nelas a disponibilidade é de 100mm (30 de Julho). O *terroir* de Dois Portos tem uma maior capacidade de armazenamento comparando com o perfil do *terroir* de Nelas.

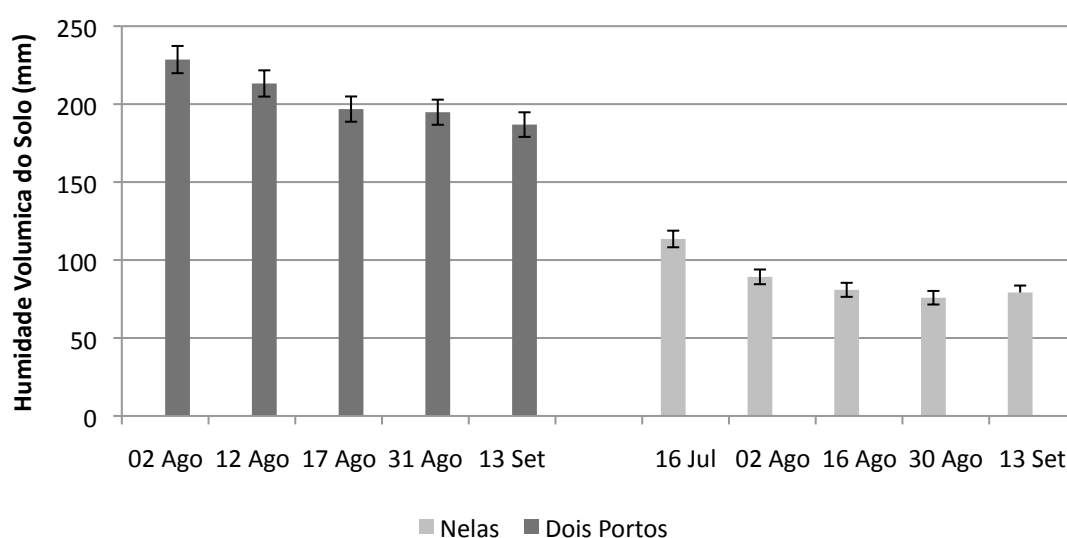


Figura 18 -Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na humidade volúmica do solo (mm). Média \pm erro padrão de 4 tubos de acesso.

IV.4.2. Potencial Hídrico

O potencial hídrico foliar de base e do ramo, são bons indicadores da estimativa da disponibilidade hídrica do solo. No que diz respeito ao potencial hídrico do ramo, medido no meio-dia solar (14h), indica-nos qual o estado hídrico da planta na altura mais critica em termos de stress térmico (Lampinen *et al.*, 2001).

O estado hídrico da planta está dependente do equilíbrio entre a absorção e as perdas de água por transpiração. Um decréscimo do teor de água nas folhas reduz a taxa fotossintética. Os défices hídricos afectam a fotossíntese através da acção que tem no grau de abertura dos estomas. Assim o progressivo encerramento dos estomas reflectir-se-á numa gradual diminuição da quantidade de dióxido de carbono absorvido (Teixeira & Ricardo, 1983). Podemos observar que no final da maturação pode existir algum stress hídrico em ambos os *terroirs*, esse factor pode influenciar negativamente a fotossíntese durante esse período.

Como podemos observar no capítulo da evolução climática, a temperatura do ar tende a aumentar e a precipitação média anual registou um decréscimo nos últimos anos. Estas alterações ao nível do clima podem levar a uma diminuição do potencial hídrico, devido às taxas de transpiração mais elevada (temperaturas mais altas) e perda das reservas hídricas úteis do solo (menor precipitação), criando assim um maior stress hídrico para a planta.

No *terroir* de Dois Portos o potencial hídrico de base, varia entre os -0.2 e -0.4MPa, os valores observados podem indicar um estado hídrico de conforto para a planta, já que em ensaios como o realizado por Lopes (1994), na modalidade “regada” com a casta “Fernão Pires” (Tapada da Ajuda, Lisboa) o potencial hídrico de base apresenta o mesmo intervalo de valores. O *terroir* de Nelas apresenta valores idênticos ao registado em Dois Portos, não apresentando stress hídrico.

De acordo com os dados observados na figura 19 o potencial hídrico de base em ambos os *terroirs*, vai diminuindo ao longo do ciclo (floração à vindima), este é um comportamento idêntico ao observado no potencial hídrico do ramo, existindo assim uma relação entre ambos os potenciais como podemos observar na figura 20.

Como podemos observar na figura 19, o *terroir* de Dois Portos o potencial hídrico do ramo vai diminuindo ao longo do ciclo (floração, à vindima). A diminuição deve-se à redução da disponibilidade hídrica do solo, que diminuem ao longo do ciclo, associado ao acréscimo da temperatura do ar e da intensidade luminosa.

O *terroir* de Nelas apresenta um comportamento idêntico ao registado no *terroir* de Dois Portos, o potencial hídrico do ramo diminui com o decorrer do ciclo cultural, junto à vindima atinge valores de -1.2MPa (Fig. 19). Os autores Grimes and Williams (1990); Peacock et al. (1998); Choné *et al.* (2001); Williams & Araujo (2002) na Califórnia na casta “Pinot-Noir” em condição de seca severa, o potencial do ramo atinge valores na ordem dos -1.5 a -1.6 MPa. Para que exista conforto hídrico por parte da planta, aqueles autores consideraram que o potencial do ramo deveria apresentar valores de -0.8 a -1.0 MPa. No caso do *terroir* de Dois Portos no final da maturação (16/08/2010 a 13/09/2010), apresenta valores inferiores a -0.8 MPa existindo assim um stress hídrico ainda que moderado por parte da planta neste período. O *terroir* de Nelas a partir do dia 27/07/2010, também apresenta resultados das medições inferiores a -0.8 MPa até à vindima.

De acordo com alguns autores (Grimes and Williams, 1990; Peacock et al., 1998; Choné *et al.*, 2001; Williams & Araujo, 2002), os valores do potencial hídrico do ramo no final do ciclo (próximo da vindima), são indicadores de um stress moderado.

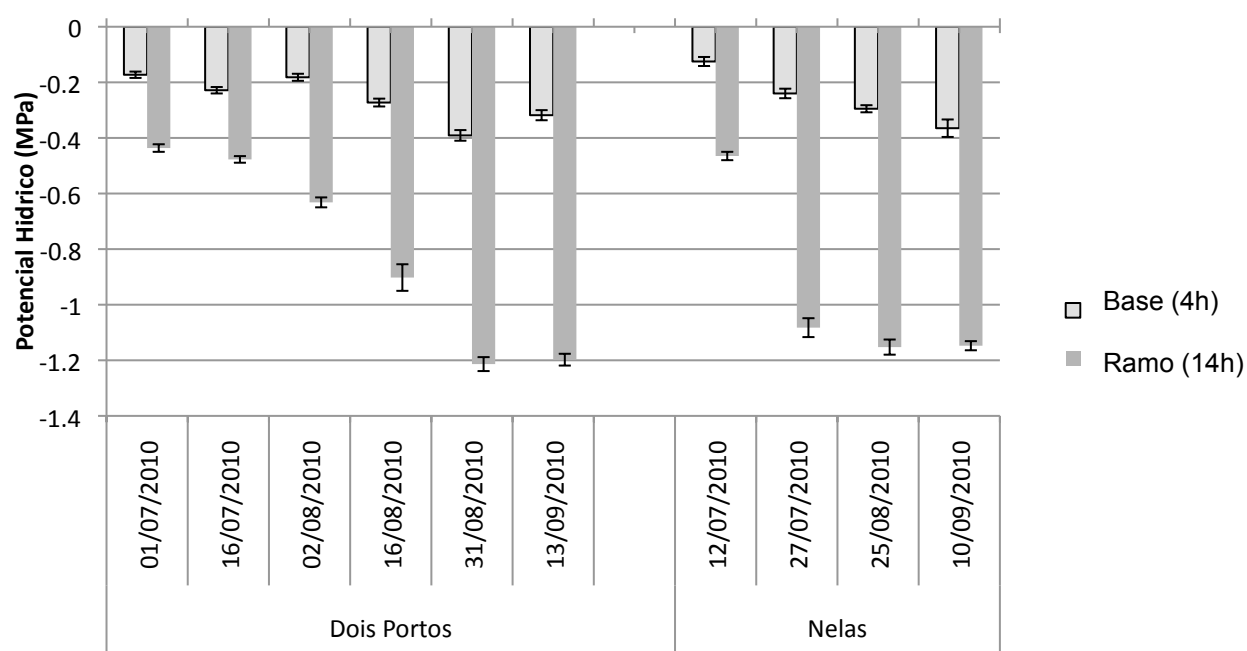
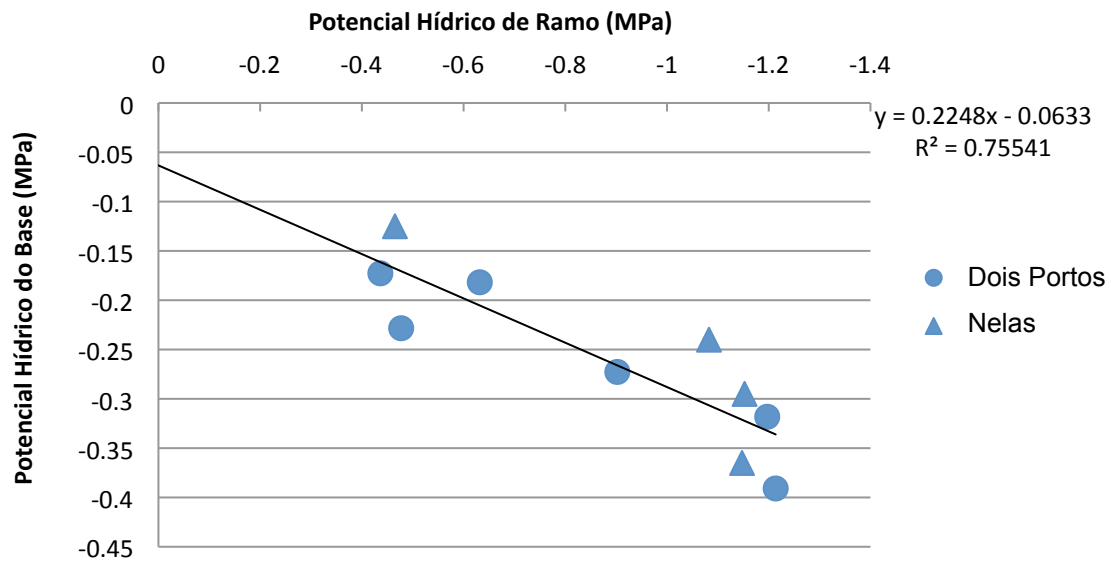


Figura 19 - Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) no Potencial Hídrico foliar de base (4h) e potencial hídrico do ramo (14h). Média \pm erro padrão de 10 folhas.

Tal como se pode observar na figura 20 verifica-se a existência de uma forte correlação entre o potencial de base e o potencial do ramo.

A medição do potencial hídrico foliar de base, (medido durante a madrugada imediatamente antes do nascer do sol), deve ser feita na ausência de orvalho sob pena de sobrevalorizar a

medição (Pacheco, 1989). Todos estes requisitos levam a que a medição deste potencial seja um pouco difícil de executar. A análise de regressão entre as duas variáveis mostra a existência de uma relação linear, em que o potencial do ramo explica 75% da variabilidade do potencial de base.



IV.4.3. Trocas gasosas

IV.4.3.1. Evolução da temperatura, fotossíntese e condutância estomática ao longo do ciclo numa folha exposta.

Durante todo o ciclo é possível observar na figura 21 que o *terroir* de Nelas apresenta uma temperatura da folha superior ao *terroir* de Dois Portos. A temperatura, como já foi descrito anteriormente, tem muita influência no processo fotossintético, segundo Chaves (1986) a temperaturas óptima para a fotossíntese situa-se entre os 35° a 45°C na casta “Piriqueta” e “Trincadeira” respectivamente, embora existam outros autores como Calo & Costacurta (1974) que atribuem a temperatura de 35°C como a temperatura para a qual se inicia a inibição da fotossíntese. Como podemos observar na figura 19 sempre que existem temperaturas superiores a 35°C existe um decréscimo acentuado da fotossíntese, quando segundo aquele autor esta seria uma temperatura óptima para a fotossíntese. A fotossíntese tem uma temperatura óptima que embora estando fundamentalmente associado à espécie, e sobretudo à diversidade de génotipos, depende de vários factores ambientais e da capacidade adaptativa às condições do meio (Chaves, 1986).

A condutância estomática apresenta um comportamento idêntico ao da fotossíntese, diminuindo quando a temperatura atinge valores elevados (Chaves, 1986). Em estudos realizados mostram que a condutância estomática tende a diminuir, para temperaturas superiores a 30°C (Calo & Costacurta, 1974). Como podemos observar na figura 21 à floração no *terroir* de Nelas a temperatura encontra-se próxima de 30°C, existe uma diminuição da condutância estomática, mas a fotossíntese apresenta valores idênticos aos observados no mesmo período e com menor temperatura no *terroir* de Dois Portos.

Após o pintor, no *terroir* de Nelas verificam-se valores de temperatura numa folha exposta superiores a 35°C, o que leva a uma diminuição da fotossíntese. No mesmo período o *terroir* de Dois Portos apresenta temperaturas mais baixas (30°C), que leva a um valor de fotossínteses cerca de $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e condutâncias estomáticas próximas dos $150 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Podemos observar na figura 21 que a diminuição de apenas alguns °C, podem levar a uma queda acentuada da fotossíntese.

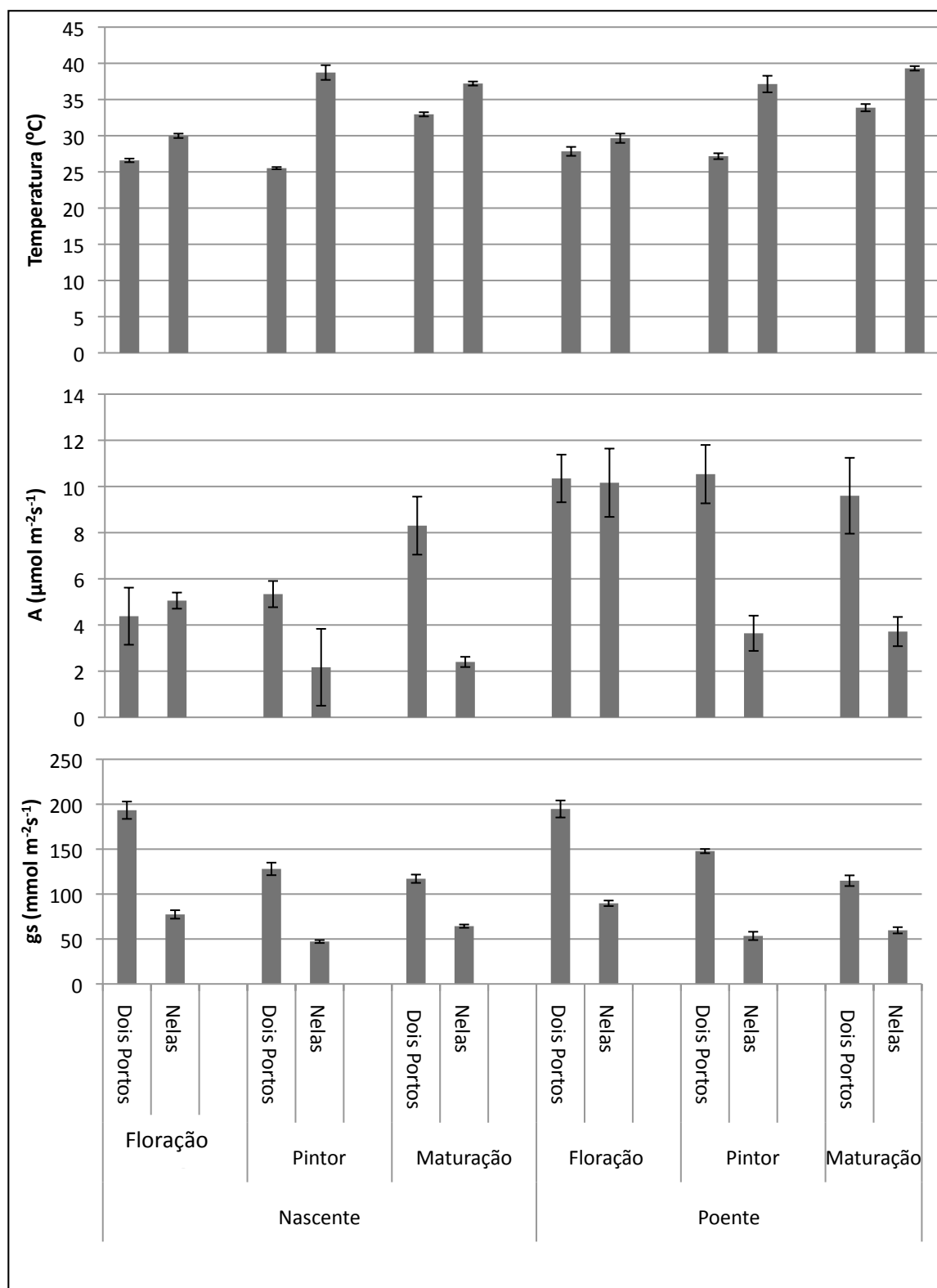


Figura 21– Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na Temperatura da folha, Fotossíntese (A) e Condutância Estomática (gs), numa folha na posição média exposta no período do meio dia solar (13h30min), ao longo do ciclo (Floração à Maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.

A fotossíntese é um processo fisiológico muito sensível à temperatura e a radiação solar, estas interagem com a actividade enzimática e com a condutância estomática. A taxa fotossintética apresenta dois picos diários (um no fim da manhã e outro a meio da tarde), sofrendo uma depressão na proximidade do meio dia solar. Esta depressão está fortemente relacionada com a temperatura, que durante este período se torna um factor limitante (Stoev & Slavtcheva, 1982). Os dados observados foram recolhidos durante o período de depressão (zénite solar), o que pode levar fotossínteses mais baixas. Segundo o mesmo autor a intensidade desta depressão depende igualmente do estado hídrico da planta, e em situações de forte stress hídrico, não se verifica o segundo pico diário.

IV.4.3.2. Efeito da Nebulosidade do Dia no Coberto Vegetal

Durante o ciclo diário a planta responde a estímulos externos e internos e estes são reflectidos na fotossíntese, entre esses estímulos está a radiação fotossinteticamente activa (PAR). A radiação é um dos principais factores ambientais que influenciam a fotossíntese para além da temperatura (Chaves, 1986). Como é possível observar na figura 22, nos dias de céu limpo existe maior PAR, o que leva a um aumento da fotossíntese.

A luz interceptada pelas superfícies foliares da planta verde, dependem das disponibilidades de clorofila nos diferentes níveis de organização do coberto vegetal. A organização morfológica de cada folha no conjunto da folhagem, é um aspecto crítico dado que a intercepção da luz, trocas gasosas, perdas de água e calor estão dependentes da área foliar (Teixeira & Ricardo, 1983).

De acordo com os dados da figura 22, um dos factores que leva alteração da fotossíntese é a radiação fotossinteticamente activa (PAR). Num dia de céu limpo podemos observar valores de fotossíntese entre os 9 e os 12 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, no caso de um dia de céu encoberto, em que a PAR é relativamente baixa esse facto vai influenciar a fotossíntese apresentando valores substancialmente mais baixos (1 a 3 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

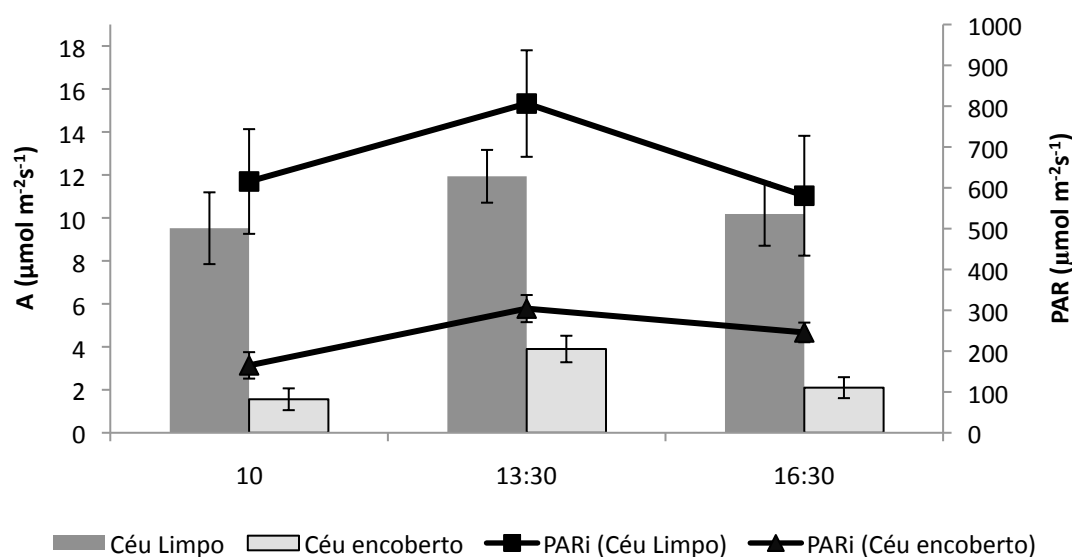


Figura 22- Efeito da radiação fotossinteticamente activa (PAR), na fotossíntese (A) da sebe, numa folha exposta na posição natural no lado nascente até às 13:30 e do lado poente na medição das 16:30. Média \pm erro padrão de 10 folhas.

Recolha de dados: Céu Limpo (1 de Julho de 2010), Céu Encoberto (16 de Julho de 2010).

IV.4.3.3. Efeito da Posição da Folha no Coberto Vegetal

a) Efeito do Lado da Sebe.

Num coberto vegetal as folhas interiores, devido à sombra provocada pelas folhas expostas recebem menos radiação fotossinteticamente activa o que leva a uma diminuição da fotossíntese, o que neste caso leva a um parasitismo destas folhas pois não têm a capacidade de fotossintetizar (Fernandez *et al.*, 1997). As folhas no interior do coberto vegetal, apresentaram uma fotossíntese muito baixa e por vezes nula ou negativa passando a comportar-se como folha parasitas (Fig. 23).

A sebe da videira apresenta na grande maioria das vezes um coberto descontínuo e heterogéneo com espaços vazios, não existindo uma iluminação uniforme sobre todos os planos, verificando-se que, enquanto uma parte se encontra exposta à radiação directa, a outra só recebe radiação indirecta, transmitida através de outras folhas e reflectida pelo solo e folhagem (Smart, 1985). Tal como se pode observar nas figuras 24, 25 e 26, na fase inicial do dia o lado nascente apresenta taxas de fotossíntese superiores, já no período das 16:30h as maiores taxas de fotossíntese ocorrem no lado poente, devido ao movimento virtual do sol ao longo do dia.

Comparativamente as folhas basais, as folhas médias têm uma maior incidência de radiação directa. Esta incidência favorece o aumento da fotossíntese nas folhas expostas, ocorrendo por vezes um aumento da temperatura nesta zona da sebe, a transpiração pode não

conseguir atenuar este aumento de temperatura, levando a fecho dos estomas, obrigando a diminuir a condutância estomática e a fotossíntese (Carbonneau, 1978). De acordo com as figuras 25 e 26, na fase do ciclo referente a maturação, no *terroir* de Nelas (lado poente) verificam-se uma diminuição da fotossíntese no período das 16:30h, essa diminuição pode dever-se a um aumento da temperatura.

b) Efeito da Ordem da Folha no Sarmento.

A fotossíntese nas folhas basais vai diminuindo ao longo do ciclo, esta diminuição deve-se ao seu envelhecimento. Estas são as folhas mais antigas do sarmento, o que leva a uma perda da capacidade fotossintética, no decorrer do ciclo vegetativo (Champagnol, 1984) e tendem progressivamente a tornarem-se mais coriáceas, este envelhecimento leva a perda de folhas junto ao cacho (Chaves, 1986). É possível observar que as folhas basais, apresentam ao longo do período estudado (floração à maturação), uma fotossíntese inferior à registada pelas outras posições devido a menor incidência de luz fotossinteticamente activa (Fig. 24, 25 e 26).

Como podemos observar nas figuras 25 e 26, as folhas do topo apresentam uma fotossíntese um pouco superior à registada pelas folhas médias, tal como observado por Lopes (1994) num ensaio localizado na região da Bairrada com a casta “Águas Santa”.

c) Comparação entre Folhas Expostas e Folhas Interiores

No início do ciclo na podemos observar que no *terroir* de Nelas no final da floração as folhas no centro do coberto apresentaram taxas fotossintéticas negativas (Fig. 23), que se deve a um coberto denso e sem entrada de luz como podemos observar nas características do coberto (quadro 1). Estes valores indicam que essas folhas comportaram como folhas parasitas, pois não contribuem com fotoassimilados para a planta (Fernandez *et al.*, 1997).

Na ausência de luz a absorção de CO₂ atmosférico é praticamente nula. Mesmo em condições de iluminação muito fraca a quantidade de CO₂ fixado pela fotossíntese pode ser inferior à libertada pela respiração. Haverá uma intensidade luminosa para a qual, a fixação é exactamente compensada pela perda respiratória (ponto de compensação da intensidade luminosa) (Teixeira & Ricardo, 1983), como é possível observar nas folhas interiores, à floração em ambos os *terroirs* (Fig. 23).

Segundo Smart (1985) existe uma relação estreita entre a fotossíntese e a iluminação o que faz com que haja uma forte atenuação da taxa fotossintética no interior do coberto, pelo que as folhas exteriores são as que mais contribuem para a fotossíntese da planta. Na figura 23

é possível verificar que no interior da sebe, onde a radiação fotossinteticamente activa é mais baixa, a fotossíntese apresenta valores inferiores aos registados no mesmo período do ciclo e no mesmo *terroir* numa folha exposta (Fig. 24, 25 e 26).

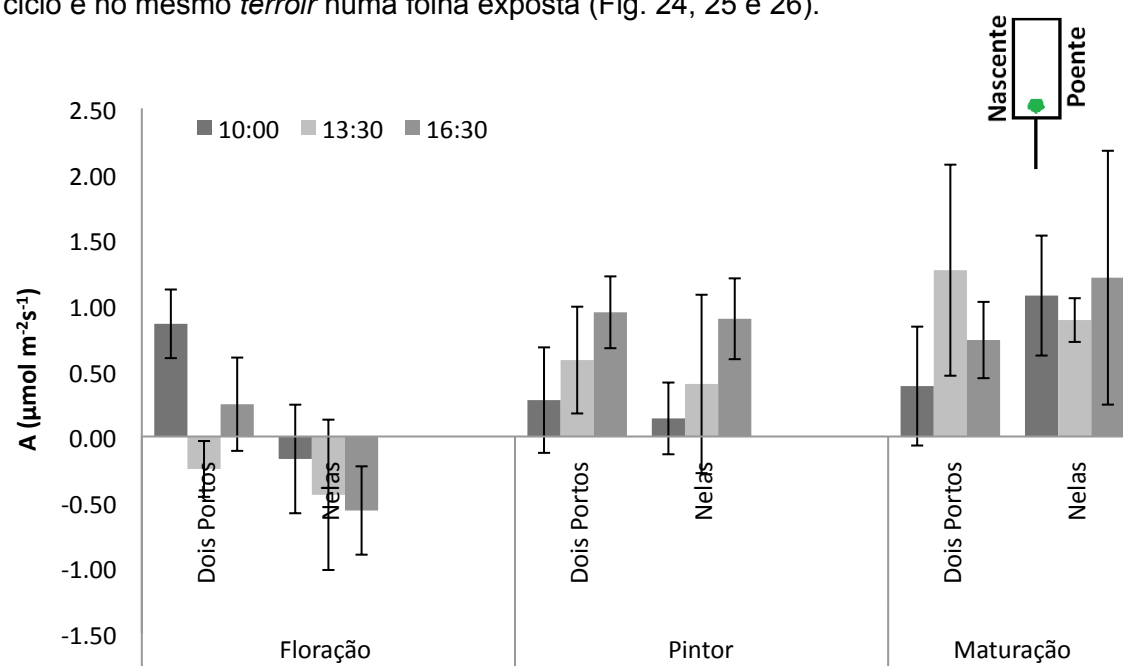


Figura 23– Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na fotossíntese (A) numa folha no interior do coberto vegetal, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.

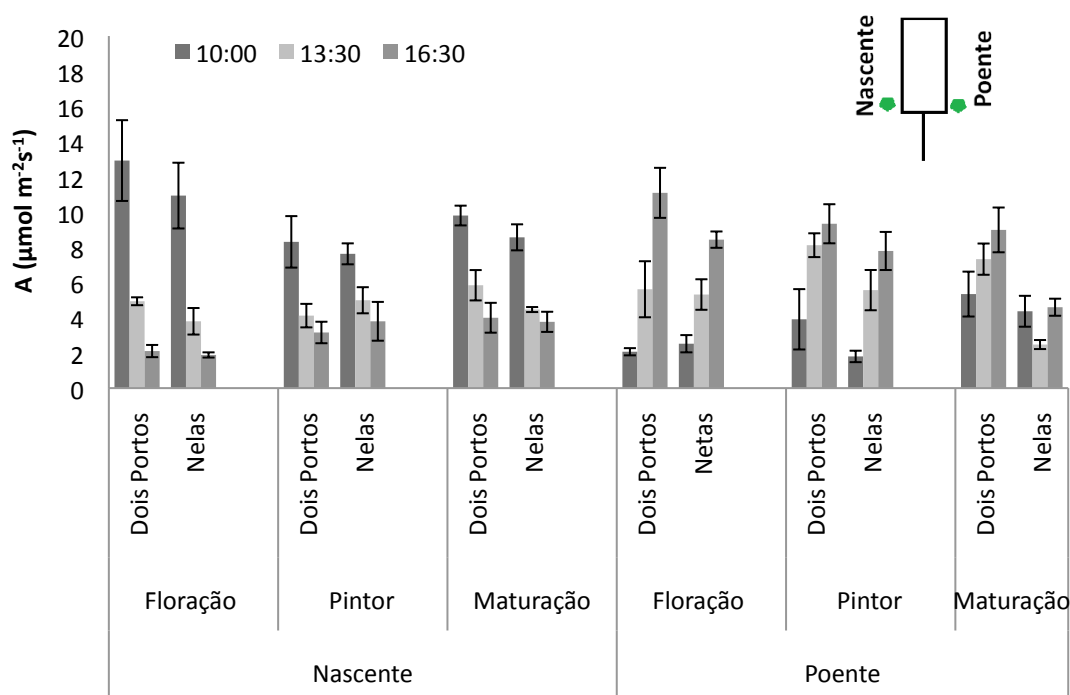


Figura 24- Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na fotossíntese (A) numa folha basal exposta junto aos cachos, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.

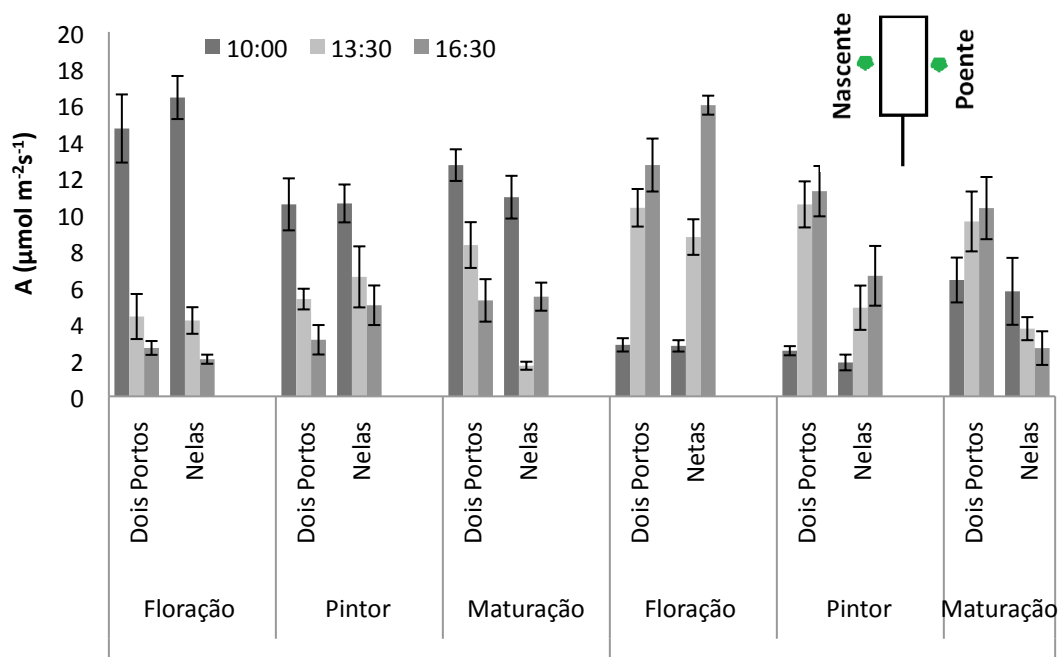


Figura 25 - Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na fotossíntese (A) numa folha média exposta, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.

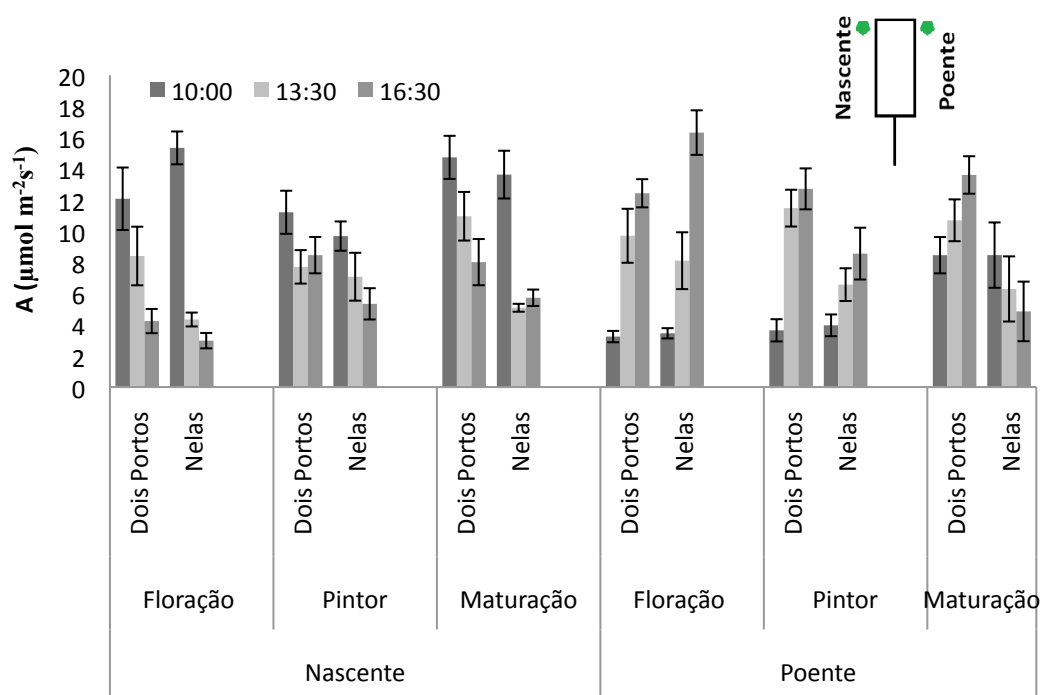


Figura 26- Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na fotossíntese (A) numa folha do topo da sebe exposta, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.

IV.4.3.4. Efeito da Temperatura e do Estado Hídrico do Solo na Fotossíntese ao Longo do Ciclo

A conjugação de temperaturas elevadas e potencial hídrico baixo traduzem-se numa diminuição da fotossíntese. O deficit de pressão de vapor da folha (VPD) aumentou ao longo do ciclo (floração à maturação), acompanhando a diminuição do potencial hídrico, este aumento do VPD é tanto maior quanto maior for a temperatura da folha, isto deve-se ao facto do VPD ser uma variável que depende tanto da humidade como da temperatura do ar que influencia a temperatura da folha (Marengo & Lopes, 2005).

Como observamos na figura 21 a fotossíntese está muito dependente da temperatura da folha, também foi possível observar que embora a literatura indique que a temperatura de 35°C seja inibidora da fotossíntese (Calo & Costacurta, 1974), o que vai de encontro aos resultados obtidos neste experimento.

Como podemos observar na figura 27 quando ocorrem temperaturas superiores a 30°C acompanhadas de um potencial hídrico do ramo baixo (-1.1 MPa), ocorre um aumento do VPD, verificando-se uma diminuição acentuada da fotossíntese, é possível observar esse efeito no *terroir* de Nelas durante o pintor e a maturação, no caso do *terroir* de Dois Portos a temperatura são mais baixas, não afectando assim a fotossíntese de forma tão severa.

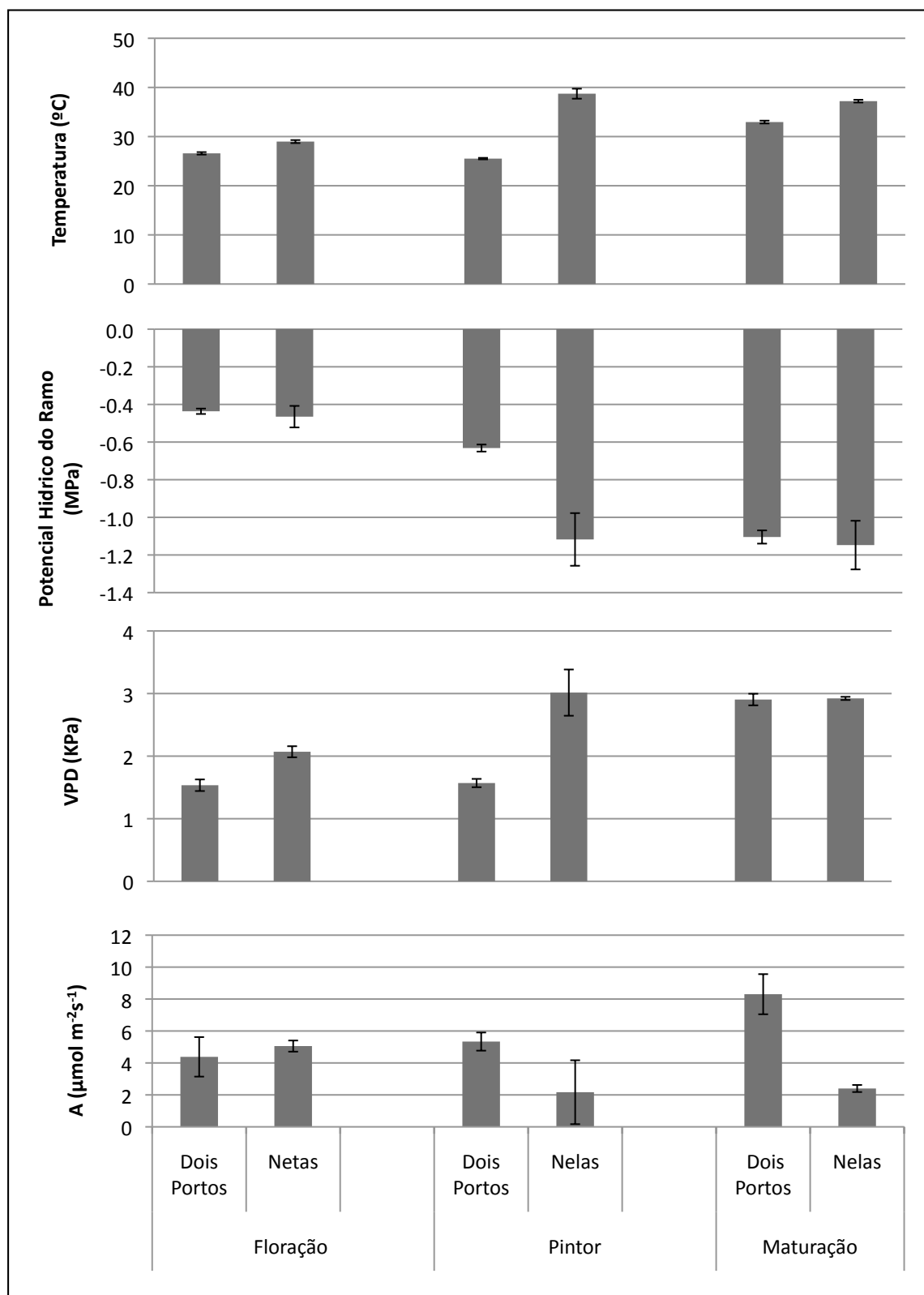


Figura 27 - Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na Temperatura da folha, potencial hídrico do ramo (MPa), deficit de pressão de vapor (VPD), e a Fotossíntese (A), numa folha na posição média exposta no período Zénite do lado nascente da sebe, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas.

IV.4.3.5. Efeito do *Terroir* na Fotossíntese Diária

Na figura 28 podemos observar a evolução da taxa fotossintética ao longo do dia. Verifica-se um pico de fotossíntese em ambos os *terroirs* às 13h, esse pico pode manter-se até às 16h no caso do *terroir* de Dois Portos. No *terroir* de Nelas esse pico não se mantém, diminuindo a radiação fotossinteticamente activa.

A taxa de fotossíntese máxima ocorre às 13h em ambos os *terroirs*, pois a folha em estudo encontra-se do lado nascente da sebe. Esta após o meio dia solar, passa a receber menor incidência de radiação fotossinteticamente activa decrescendo assim a taxa de fotossíntese.

A fotossíntese no *terroir* de Nelas é inferior ao registado em Dois Portos, isso pode dever-se as temperaturas da folha mais elevadas no *terroir* de Nelas.

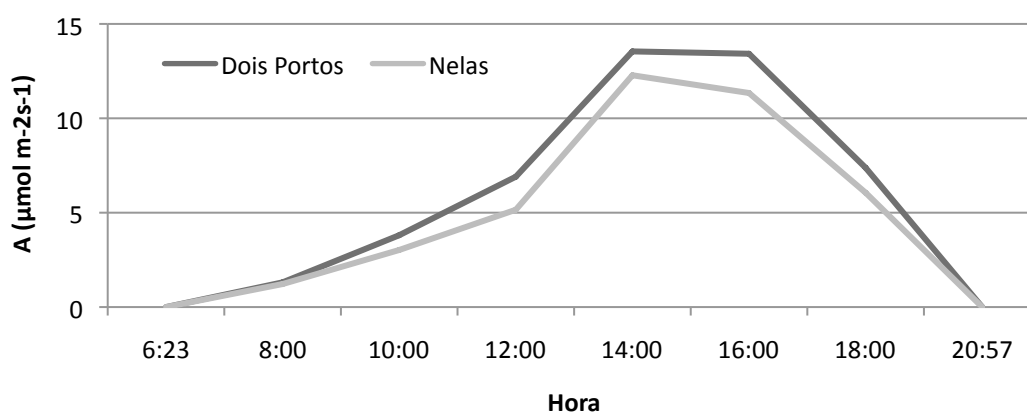


Figura 28– Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas), na fotossíntese (A) diária numa folha exposta no lado poente. Recolha de dados: *terroir* Dois Portos (17/08/2010) e *terroir* de Nelas (25/08/2010).

Através da medição da fotossíntese diária é possível obter o integral diário de cada um dos *terroirs*. De acordo com os dados recolhidos o *terroir* de Dois Portos apresenta um integral diário de $303 \text{ mmol m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, no caso do de Nelas é de $255 \text{ mmol m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, este valor representa o somatório de toda a fotossíntese realizada pela planta ao longo de um dia. A diferença entre os dois *terroirs*, pode dever-se a uma temperatura mais elevada no *terroir* de Nelas, levando a uma diminuição da fotossíntese diária. De acordo com a figura 29 podemos observar que a fotossíntese, a transpiração e a condutância estomática, apresentam comportamentos idênticos ao longo do dia. Existe um aumento destes parâmetros até ao meio dia solar, diminuindo de seguida até ao anoitecer.

A fotossíntese apresenta o seu pico diário entre as 12 e as 14h, isto deve-se a uma radiação incidente favorável neste período e uma temperatura da folha adequada. Com o decorrer do ciclo diário existe uma quebra na fotossíntese isso deve-se à diminuição da radiação directa às 16h. Neste período dá-se o pico da condutância estomática e da transpiração, em

simultâneo com o pico da temperatura da folha. Segundo Chaves (1986) existe uma relação entre a temperatura e estes processos fisiológicos (Fotossíntese, condutância estomática e transpiração), existindo um aumento até atingir o óptimo decrescendo de seguida. Na figura 29 podemos observar esse comportamento ao longo do dia.

O aumento da temperatura pode levar a um fecho dos estomas, reduzindo a fotossíntese e a transpiração (Düring & Klingenberg, 1987). A transpiração em ambos os *terroirs* apresenta uma evolução diária idêntica.

Como observamos no capítulo da evolução climática as alterações esperadas mostram um aumento da temperatura e uma diminuição da precipitação. Estes parâmetros meteorológicos vão originar a diminuição da fotossíntese e da transpiração, pois as folhas expostas terão tendência a apresentar temperaturas mais elevadas e a humidade do solo será inferior à observada na actualidade (menor precipitação). A transpiração vai aumentando até às 16h, diminuindo de seguida até à ausência de luz. Nas primeiras horas do dia a transpiração é baixa começando a aumentar a partir das 10h. Todos os factores exógenos e endógenos que afectam a transpiração estão sujeitos a alterações durante o dia, originando uma periodicidade diurna na taxa a que este processo ocorre. Para a maior parte das plantas durante a noite a taxa de transpiração é geralmente baixa, perto de zero, aumentando depois do nascer do Sol até atingir um máximo ao meio-dia solar, em seguida a transpiração começa a diminuir até atingir, ao entardecer, os valores mínimos, semelhantes aos da noite (Sebanek, 1992).

A cinética diária da transpiração, da condutância estomática e da fotossíntese é idêntica em ambos os *terroirs*, no caso de Nelas existe uma temperatura da folha um pouco superior, isso deve-se à temperatura neste período do ano (maturação) ser superior nesta região como observamos na evolução climática da região. Como já foi referido este aumento ao nível da temperatura influencia todos os processos fisiológicos, uma vez que as temperaturas registadas se encontram no limite entre o óptimo e o desfavorável (*vide*, figura 21). A condutância estomática tem tendência a diminuir ao longo do ciclo vegetativo. Na floração, a planta apresenta um grande número de folhas jovens, temperatura do ar é mais baixa e com maiores disponibilidades hídricas do solo, o que possibilita valores de condutância estomática mais elevados. Com o decorrer do ciclo a temperatura do ar aumenta e as folhas já não apresentam a mesma resposta à abertura estomática diminuindo assim a condutância estomática e a fotossíntese (Teixeira & Ricardo, 1983). A figura 30 ilustra essa mesma descida da condutância estomática ao longo do ciclo (floração à maturação).

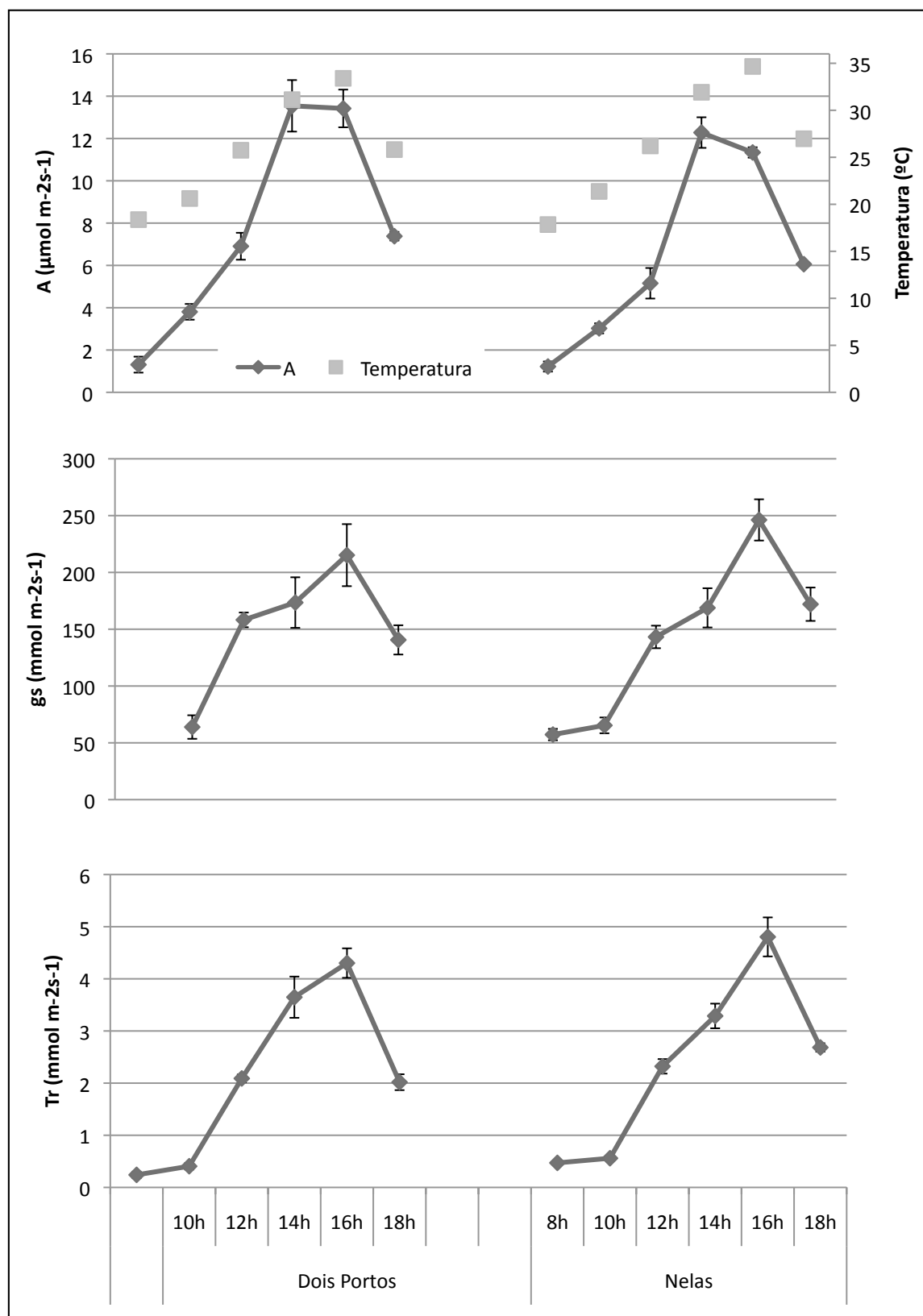


Figura 29– Efeito do terroir (Dois Portos e Nelas), na fotossíntese (A), Temperatura da Folha, Condutância Estomática (gs) e na Transpiração (Tr) diária numa folha exposta do lado poente da sebe. Recolha de dados: terroir Dois Portos (17/08/2010) e terroir de Nelas (25/08/2010). Média \pm erro padrão de 10 folhas.

A condutância estomática da folha responde às mudanças do estado hídrico da planta influenciando, por sua vez, o potencial hídrico foliar e a transpiração. Quando as plantas são sujeitas a condições atmosféricas mais stressantes (aumento da temperatura e do stress hídrico) a condutância estomática diminui (Poni et al., 2007). De acordo com os dados recolhidos quando o potencial hídrico do ramo é inferior a -1.0 MPa (pintor à maturação) (vide, figura 19), verifica-se uma diminuição da Taxa de fotossíntese e da condutância estomática.

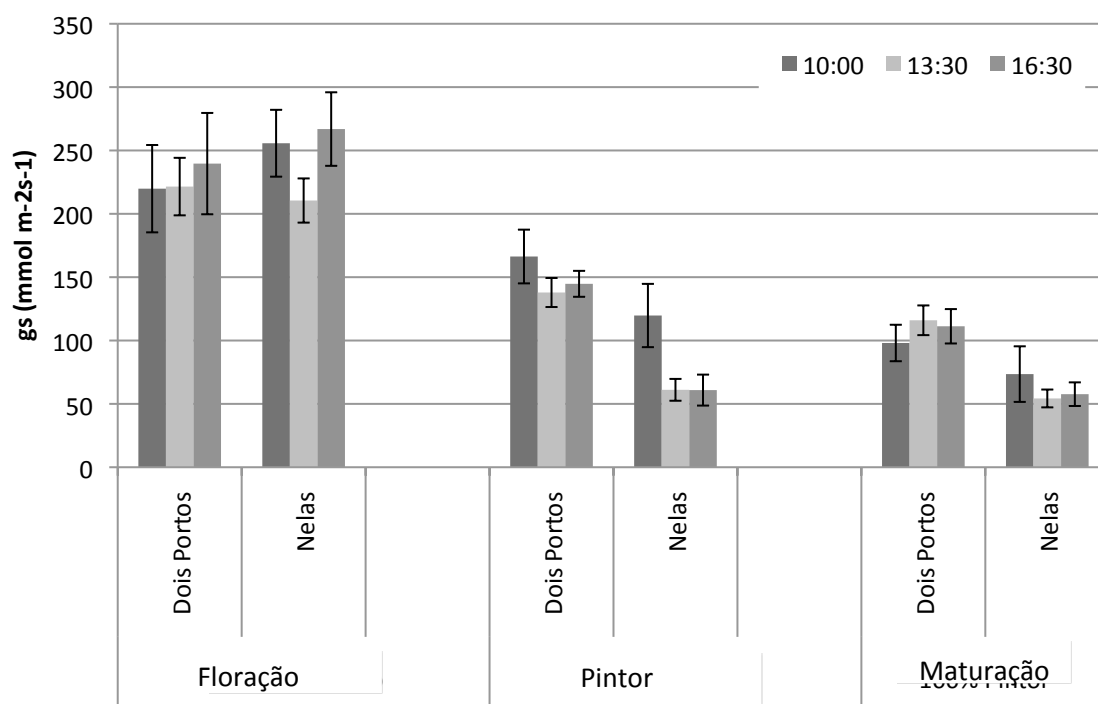


Figura 30- Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na condutância estomática (gs) numa folha média exposta, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas

Segundo Chaves (1986) a eficiência do uso da água (WUE) por parte da planta vai aumentando ao longo do ciclo, o que se traduz por uma menor eficiência quando a disponibilidade hídrica do solo é maior. De acordo com os dados recolhidos, em ambos os *terroir* existe um aumento da eficiência do uso da água, com o decorrer do ciclo (Fig. 31).

É possível observar que quando o potencial hídrico (figura 19) é mais baixo, o que leva a um stress hídrico ligeiro, a planta apresenta valores de eficiência de vapor de água mais elevados, existe uma economia de água por parte da planta.

A previsão das alterações climáticas indica uma diminuição da precipitação e um aumento da temperatura ambiente. Estas previsões podem levar a um aumento da eficiência do uso da água, por parte da planta, pois as reservas hídricas tendem a diminuir, e o aumento da temperatura leva a um fecho dos estomas e a uma diminuição da transpiração.

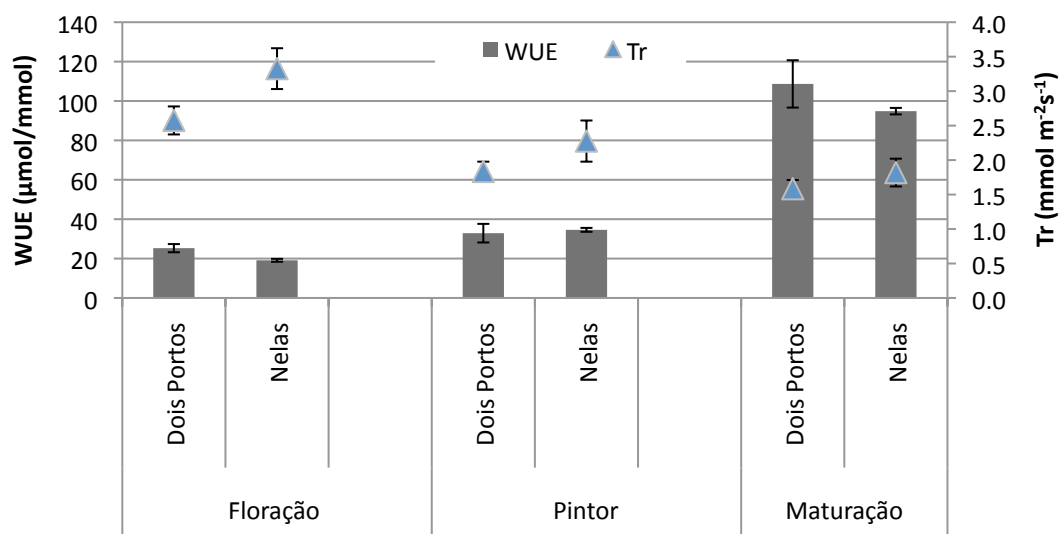


Figura 31– Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na eficiência instantânea do uso da água (WUE) e na transpiração (Tr), ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas

IV.4.3.6. Respiração

Em ambos os *terroirs* (Dois Portos e Nelas) a respiração é idêntica ao longo do ciclo (Fig. 32). Podemos observar que na floração a respiração é um pouco inferior à registada no fim do ciclo (maturação). O aumento registado ao longo do ciclo pode ser causado pelo aumento da temperatura, pois segundo Contreiras (1992) a temperatura entre os 0 e 30°C aumenta a taxa respiratória de forma exponencial.

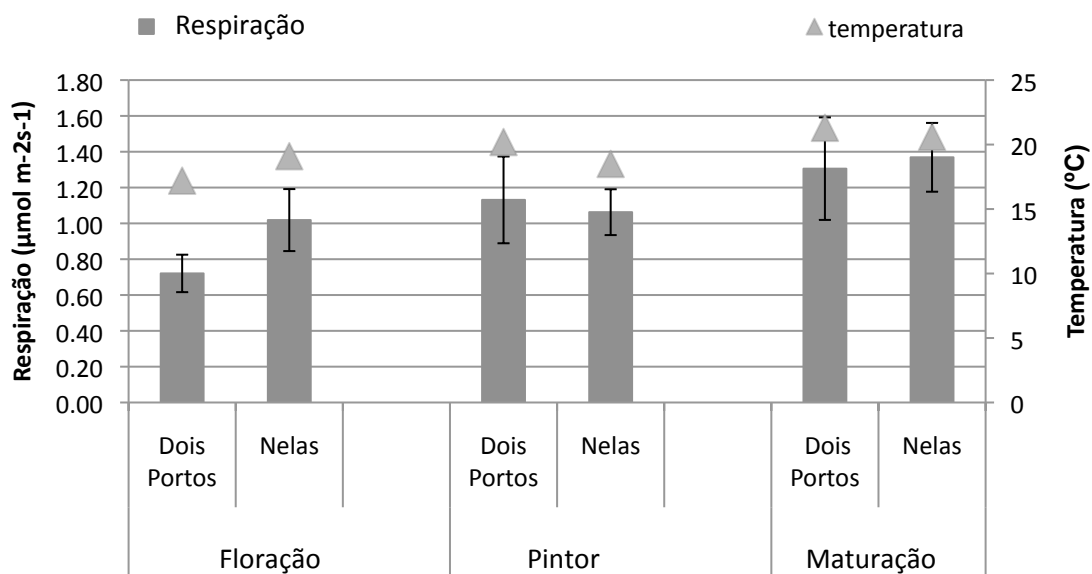


Figura 32 – Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na respiração e na temperatura da folha, ao longo do ciclo (floração à maturação). Média \pm erro padrão de 10 folhas

IV.5. – Fitossensores de Recolha Contínua

A fitomonitorização possibilita uma melhor interpretação da relação planta clima, a recolha de dados é feita de forma contínua possibilitando uma maior amostra de dados.

IV.5.1. Evolução da Temperatura da Folha ao Longo do Ciclo

Como podemos observar na figura 33 a temperatura do ar influencia a temperatura da folha, um acréscimo da temperatura da folha está sempre associado a um aumento da temperatura do ar. Quando a temperatura do ar se encontra numa gama de valores entre os 15 e os 20 $^{\circ}\text{C}$, a temperatura da folha apresenta normalmente valores superiores a temperatura ambiente.

Por vezes a temperatura do ar apresenta picos de temperatura na ordem dos 27 à 29 $^{\circ}\text{C}$, essa temperatura não é acompanhada pela temperatura da folha isso deve-se a posição da folha. A folha medida esta no lado nascente e, normalmente estas temperaturas do ar são atingidas depois do meio dia solar, o que leva a uma maior incidência da radiação no lado poente da sebe.

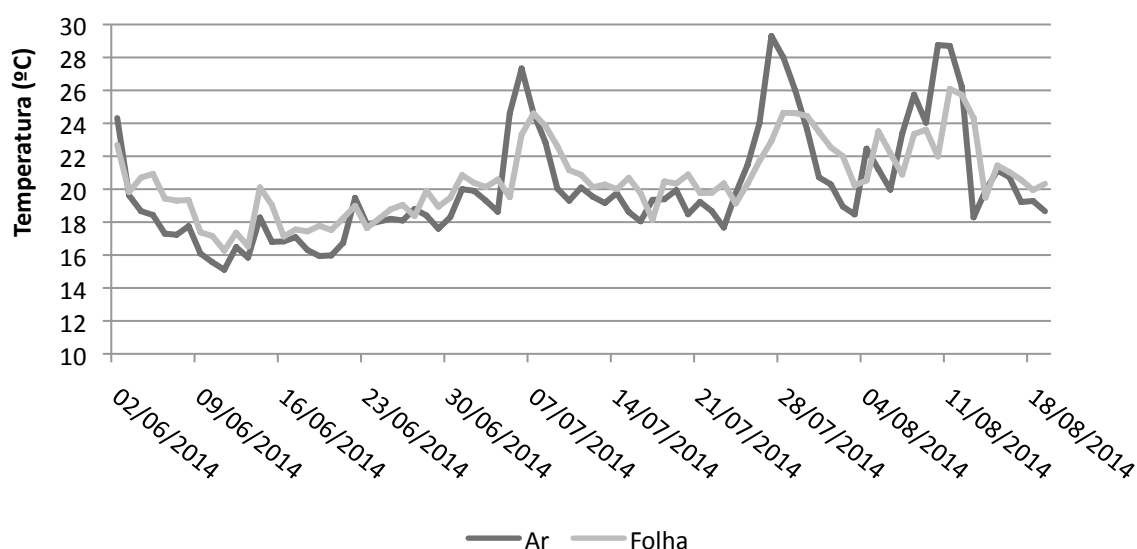


Figura 33 - Efeito da temperatura do ar na temperatura da folha (lado nascente) no *terroir* Dois Portos, ao longo do período de 01/06 a 17/08/2010.

Na figura 34a e 34b é possível observar a temperatura da folha no *terroir* Dois Portos e Nelas de forma contínua ao longo do tempo. A medição da temperatura hora a hora, mostramos a evolução diária da temperatura, desta forma é possível determinar os picos máximos e mínimos das temperaturas diárias e a sua evolução ao longo do dia.

A temperatura da folha foi analisada em ambos os lados da sebe. Como se pode observar na figura 34a no *terroir* de Dois Portos a temperatura da folha no período de 25/5 a 5/7 oscila entre os 25 e 15°C, verifica-se um pico de 30°C durante esse período, no período de 9 a 13/6 as temperaturas variam entre os 20 e os 15°C, esta ocorrência é fruto de dias mais frios. No período decorrido entre 5/7 e 23/9 verifica-se um aumento da temperatura registando as máximas 35°C (dia 26/7) e mínimas de 10°C (dia 13/9).

O lado da sebe influencia a temperatura da folha, é possível observar que no *terroir* de Dois Portos, no lado nascente as temperaturas são um pouco mais baixas que o lado oposto (Fig. 34a). No *terroir* de Nelas (Fig. 34b) ocorre o contrário, no lado nascente apresenta temperaturas mais altas (1 a 2°C). Isto pode dever-se ao *terroir* de Nelas não apresentar exactamente uma orientação Norte – Sul (Fig. 7), levando a que a sebe no lado nascente apresente uma maior incidência de radiação solar levando a um aumento da temperatura.

No *terroir* de Nelas (Fig. 34b) a temperatura varia normalmente entre 35 e os 15°C, existem picos de aproximadamente 50°C em ambos os lados da sebe (7/8). Estes picos podem levar

a desidratação celular e consequente morte das células da folha, provocando a senescência das folhas.

Como podemos observar na figura 21 quando a temperatura da folha atinge valores superiores a 35°C, verifica-se uma diminuição da fotossíntese. O *terroir* de Dois Portos ao longo do ciclo analisado na figura 34 “a” só atinge esse valor em duas datas, no caso do *terroir* de Nelas (Fig. 34 “b”) em 52 dias de recolha de dados contínuos 20 delas apresentam temperaturas superiores a 35°C e, 5 dos quais as temperaturas registadas estão acima dos 45°C, estas são temperaturas inibidoras da fotossíntese (Calo & Costacurta, 1974; Chaves, 1986), paragens de maturação e inibição e degradação das antocianinas (Mazza, 1995).

No mês de Agosto onde a temperatura do ar em ambos os *terroirs* é mais elevada, é o mês onde ocorrem os maiores picos de temperatura que no caso do ensaio de Dois Portos a temperatura não é superior a 37°C, já no caso de Nelas podemos observar temperaturas próximas dos 50°C. As diferenças registadas podem ser fruto da localização de cada um dos *terroir*, no caso de Dois Portos o Oceano Atlântico apresenta um efeito tampão sobre a temperatura do ar (Meijerhof, 2007), no caso do *terroir* de Nelas encontra-se no centro do país tendo assim uma influência continental.

Segundo alguns autores como Kliewer & Torres, (1972); Kliewer, (1973); Tomana et al. (1979) as temperaturas do diurnas têm um efeito sobre a coloração e a síntese de antocianinas no bago, mas as temperaturas nocturnas baixas têm um efeito ainda maior. Verifica-se que ambos os *terroirs* apresentam temperaturas nocturnas da folha (Fig. 34 “a” e “b”) e do bago (Fig. 37) idênticas ao longo do período estudado.

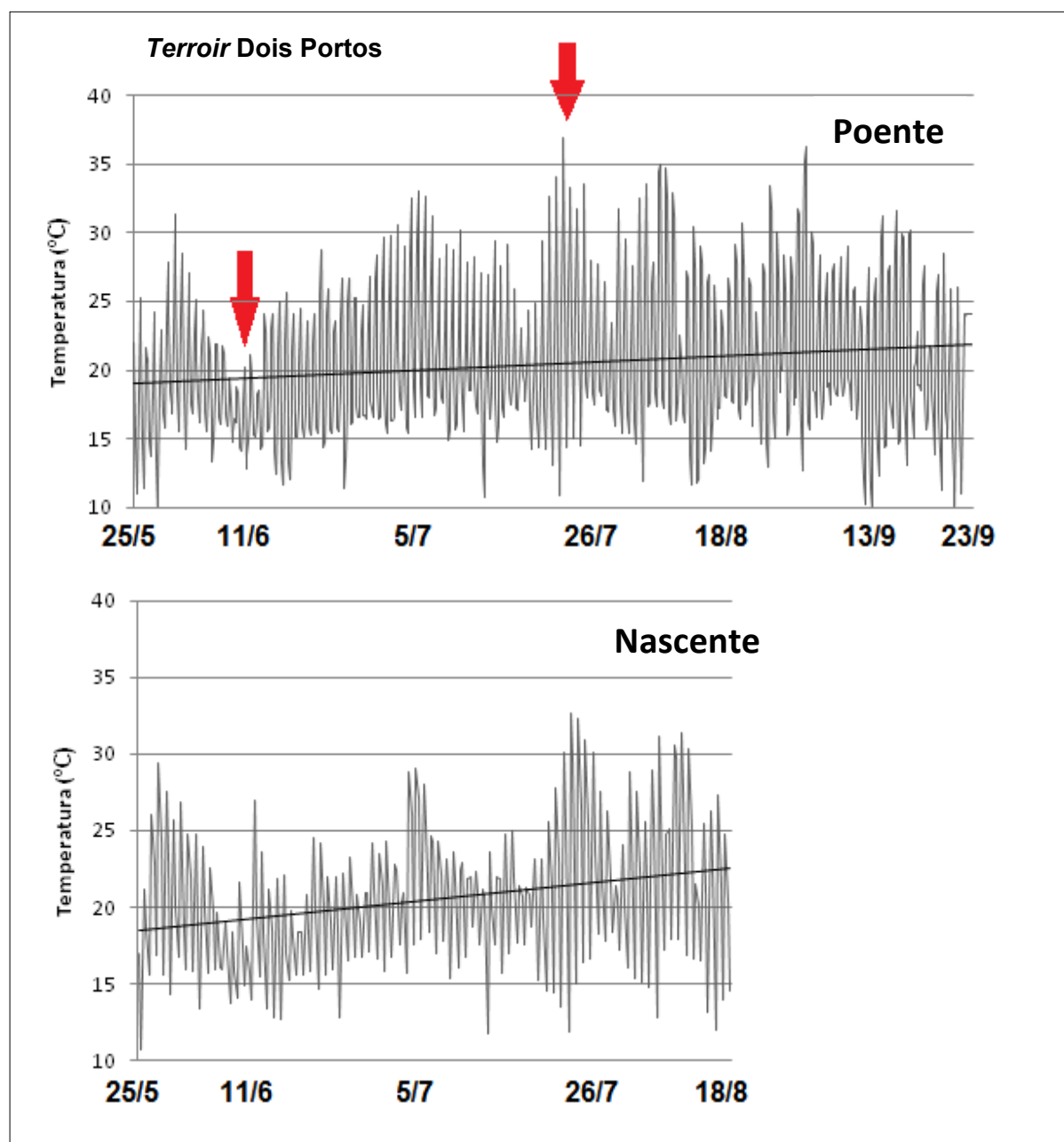


Figura 34a - Evolução da temperatura na folha, no *terroir* de Dois Portos durante o período de 25 de Maio a 23 de Setembro de 2010. em ambos os lados da sebe.

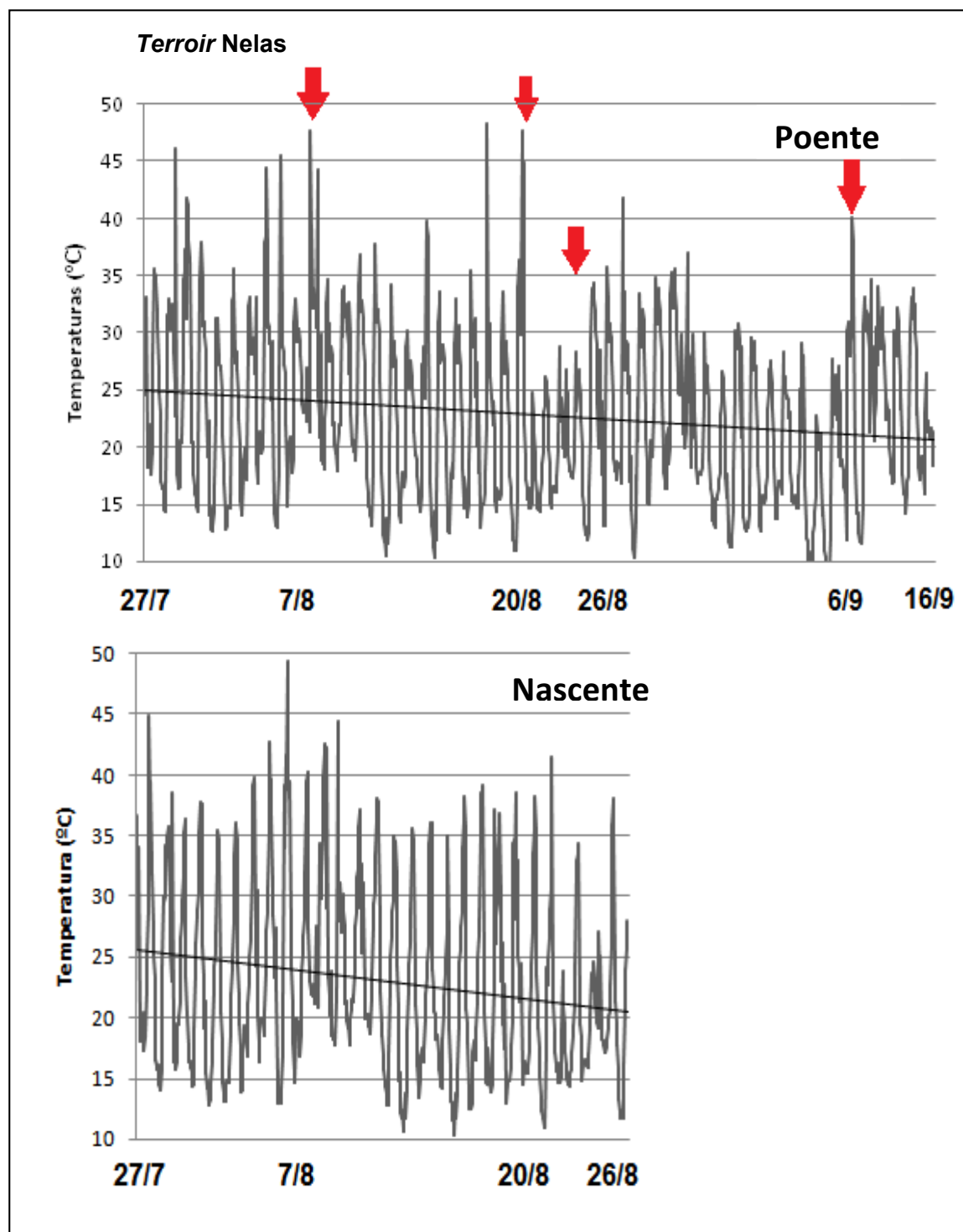


Figura 34b – Evolução da temperatura na folha, no *terroir* de Nelas durante o período de 27 de Julho à 16 de Setembro de 2010, em ambos os lados da sebe.

Na figura 35 é possível observar que as folhas do lado nascente, por estarem expostas a uma maior radiação solar nas primeiras horas do dia, apresentam temperaturas mais elevadas nesse período do dia. No lado poente as temperaturas são mais elevadas, depois do meio-dia solar.

O *terroir* de Nelas apresenta durante o período em estudo, temperaturas um pouco superiores às que podemos encontrar no *terroir* de Dois Portos.

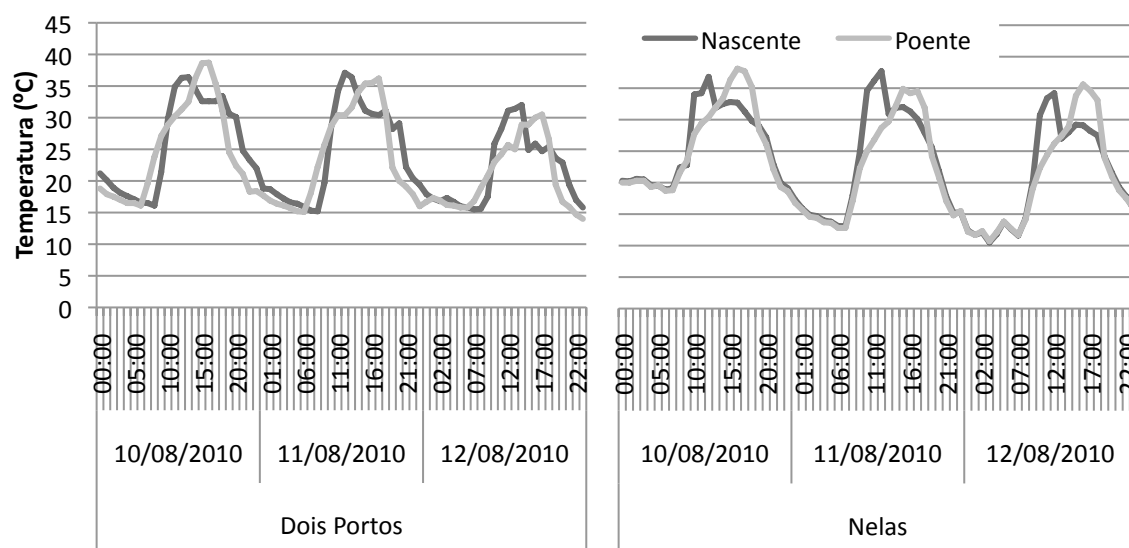


Figura 35 - Efeito do lado de exposição da folha na temperatura de uma folha, nos *terroirs* de Dois Portos e de Nelas, no pintor no período de 10 de Agosto a 13 de Agosto de 2010.

IV.5.2. Evolução da Temperatura do Bago ao Longo do Ciclo

A temperatura do bago foi analisada após o cacho estar completamente pintado, isto porque a cor influencia directamente a temperatura do bago (Fig 37). Em ambos os *terroirs* a temperatura oscila entre os 44 e os 10°C. É possível observar que quando o bago atinge temperaturas de 44°C a folha apenas atinge temperaturas na ordem dos 40°C, o que mostra a influência da cor na temperatura do corpo (Fig. 34a,b).



Figura 36 – Queimadura do cacho, provocada por temperaturas excessivas. *Terroir* de Dois Portos em 13/09/2010

A temperatura do bago quando excessiva pode levar a alterações ou mesmo a perda do bago. Segundo Jackson

(1997) para temperaturas superiores a 32°C os bagos tornam-se mais susceptíveis às queimaduras solares. Em Ambos os *terroirs* ocorreram temperaturas superiores a 32°C durante grande parte do período de medição, isto levou a queimaduras dos cachos como podemos observar na figura 36.

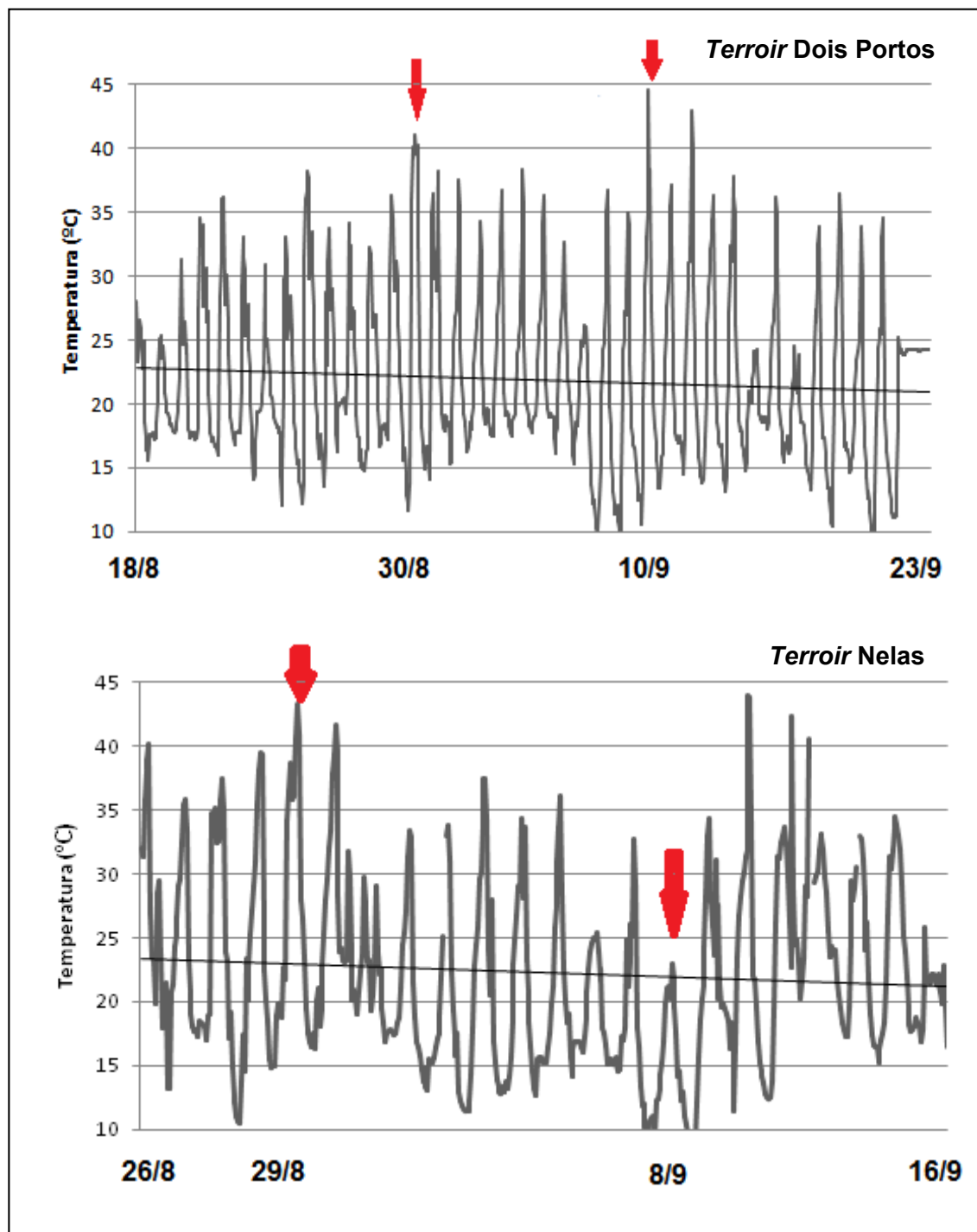


Figura 37– Evolução da temperatura do bago, no *terroir* de Dois Portos durante o período de 18 de Agosto à 23 de Setembro de 2010 e no *terroir* de Nelas durante o período de 26 de Agosto à 16 de Setembro de 2010. O sensor da temperatura do bago está localizado no lado poente da sebe

IV.5.3. Evolução do Diâmetro do Bago ao Longo do Ciclo

Em ambos os *terroirs* existe um crescimento do bago (Fig.38) ao longo do período em estudo (Dois Portos 17/7 à 23/9/2010, Nelas 26/8 à 16/9/2010). No *terroir* de Dois Portos o diâmetro apresenta uma variação muito mais acentuada ao longo do tempo aumentando cerca de 2mm no período de 20/8 a 25/8. Na fase de maturação o bago tende a aumentar rapidamente o seu diâmetro. Segundo Negri et al. (2008) o aumento do diâmetro do bago na fase de maturação deve-se essencialmente à acumulação de água e açúcares e o aumento de volume é devido à expansão celular. O crescimento do bago efectua-se de acordo com a curva sigmoidal dupla característica dos frutos não climatéricos.

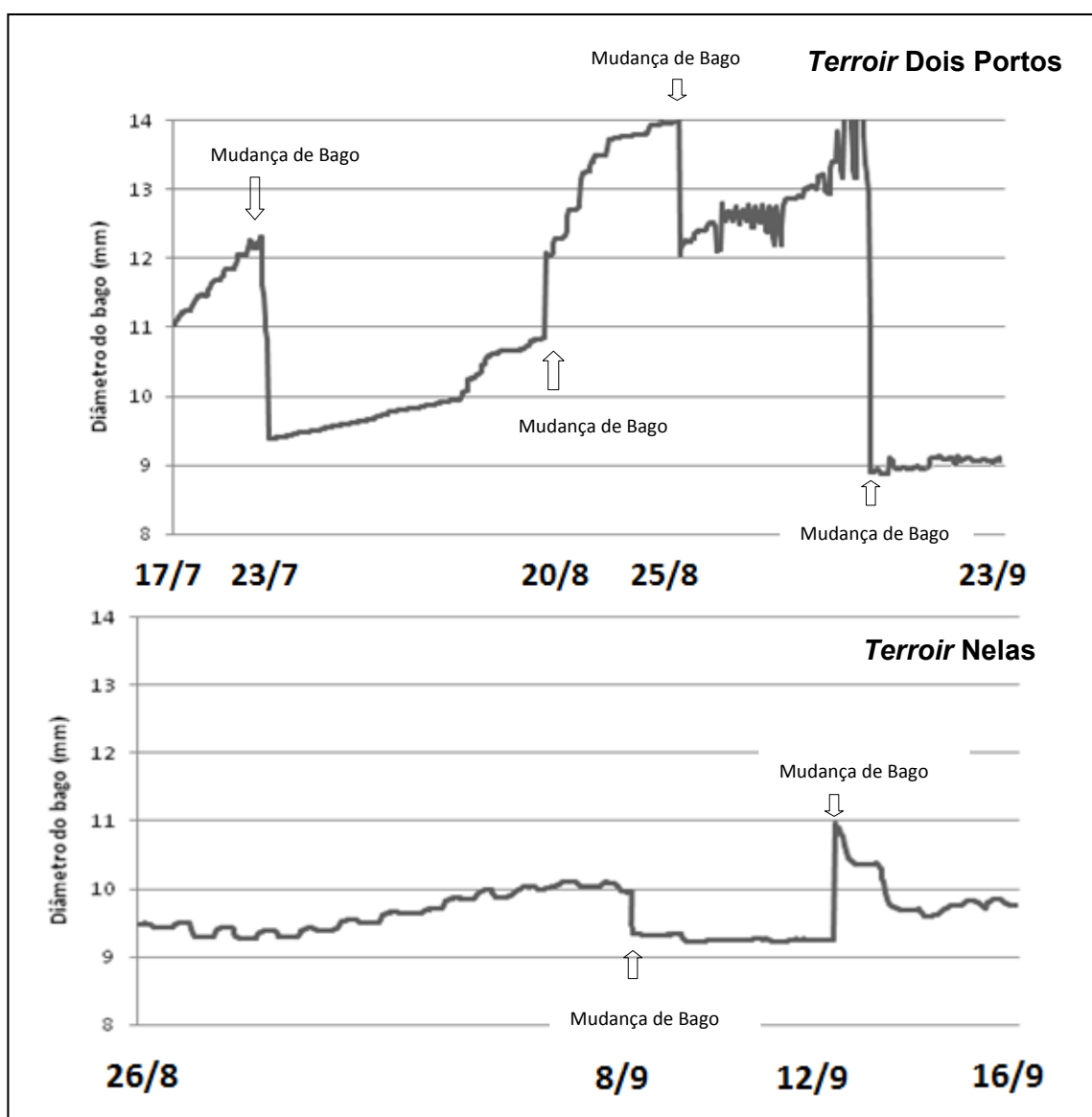


Figura 38 – Evolução do diâmetro do bago, no *terroir* de Dois Portos durante o período de 17 de Julho à 23 de Setembro de 2010 e no *terroir* de Nelas durante o período de 26 de Agosto à 16 de Setembro de 2010. O sensor do diâmetro do bago tem que ser mudado ao longo do ensaio, visto alterar a forma do bago, todos os valores de mudança brusca são fruto dessa mudança de bago.

Na figura 39 Podemos observar, a temperatura da folha e do bago no lado poente da sebe e o diâmetro do bago num período de 4 dias (10 de Setembro a 13 de Setembro de 2010). Neste período a videira encontra-se no estado fenológico de cacho maduro (início da maturação). É possível observar que quando a temperatura da folha e do bago é mais elevada, verifica-se uma diminuição do diâmetro do bago. Podemos observar na figura 28 que numa folha do lado poente da sebe, existe um pico de transpiração às 16h, este pico acontece em simultâneo com a diminuição do diâmetro do bago, o que acontece devido maior taxa de transpiração por parte do bago, à reposição da água por parte da planta é insuficiente causando assim a diminuição do diâmetro do bago (Meidner & Sheriff, 1976).

Quando o fecho dos estomas, a densidade de pressão de vapor nos espaços intercelulares está muito perto da saturação. Nestas condições o potencial da água nas paredes das células está muito próximo de zero. Quando os estomas abrem e começa a difusão do vapor de água para o exterior, desenvolve-se um gradiente de pressão de vapor entre as paredes das células, local de evaporação, e a câmara estomática (Meidner & Sheriff, 1976). A perda de água do bago é exercida através dos estomas levando a uma diminuição dos espaços intercelulares, o que pode dar origem à diminuição do diâmetro do bago. Esta perda de água nos bagos expostos devido às intensas taxas de respiração e evaporação, dão origem a um aumento dos açúcares e a uma maior concentração de sólidos solúveis (Cripin & Morrison, 1986; Zoecklein *et al.*, 1992).

A temperatura da folha e do bago no lado poente, são mais elevadas durante as horas da tarde. Este aumento da temperatura deve-se à radiação directa, que incide sobre estas superfícies e a maior temperatura do ar. A temperatura do bago atinge valores mais altos durante o período da tarde, devido a localização do sensor ser no lado poente.

Na figura 39 podemos observar, que os bagos podem atingir temperaturas na ordem dos 45°C nas horas de maior calor. É possível observar que durante as horas diurnas o *terroir* de Dois Portos apresenta bagos com temperaturas um pouco superiores às registadas em Nelas, embora os dados relativos à temperatura na folha (figura 21) indiquem o contrario

É possível observar na figura 39 que o *terroir* de Dois Portos, apresenta temperaturas do bago durante a noite inferiores às registadas no *terroir* de Nelas. Esta diferença pode resultar da localização do ensaio de Dois Portos ser numa várzea onde normalmente se verifica temperaturas mais baixas durante a noite.

Podemos observar que nos dias em que as temperaturas são mais elevadas, verificar um decréscimo do diâmetro do bago. Mesmo quando o potencial hídrico das células diminui

drasticamente, devido à perda de turgidez ou diminuição do potencial osmótico, o sistema contínuo de água na planta permite o fornecimento de água para as células do mesofilo, assim como para os locais de evaporação (Meidner & Sheriff, 1976).

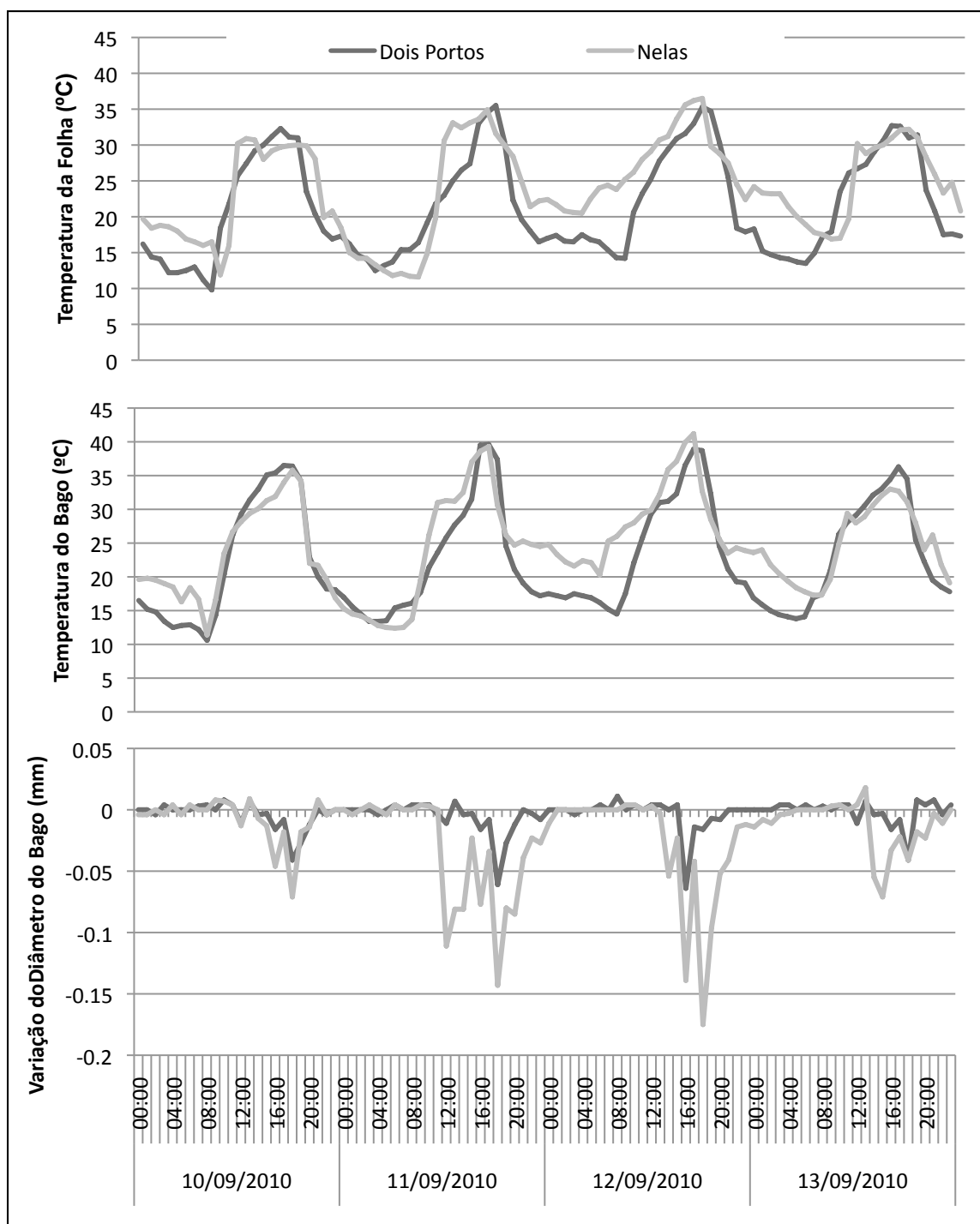


Figura 39 -Efeito do terroir (Dois Portos e Nelas) na temperatura da folha e bago no lado poente e a variação do diâmetro do bago. no início da maturação no período de 10 de Setembro a 13 de

IV.5.4. Evolução do Diâmetro do Tronco ao Longo do Ciclo

O diâmetro do tronco no *terroir* de Dois Portos (Fig. 40) apresenta uma ligeira subida no início do período de medição (8/7 à 23/9/2010), no dia 24/7 ocorre uma descida para os valores observados no início. O sensor da ilha de Dois Portos teve que ser retirado no dia 16/8 devido a falta de comunicação com o servidor, com o decorrer do período de medição não existe alterações significativas no diâmetro do tronco. O *terroir* de Nelas o diâmetro do tronco não apresenta grandes alterações ao longo do período estudado (27/7 à 16/9/2010).

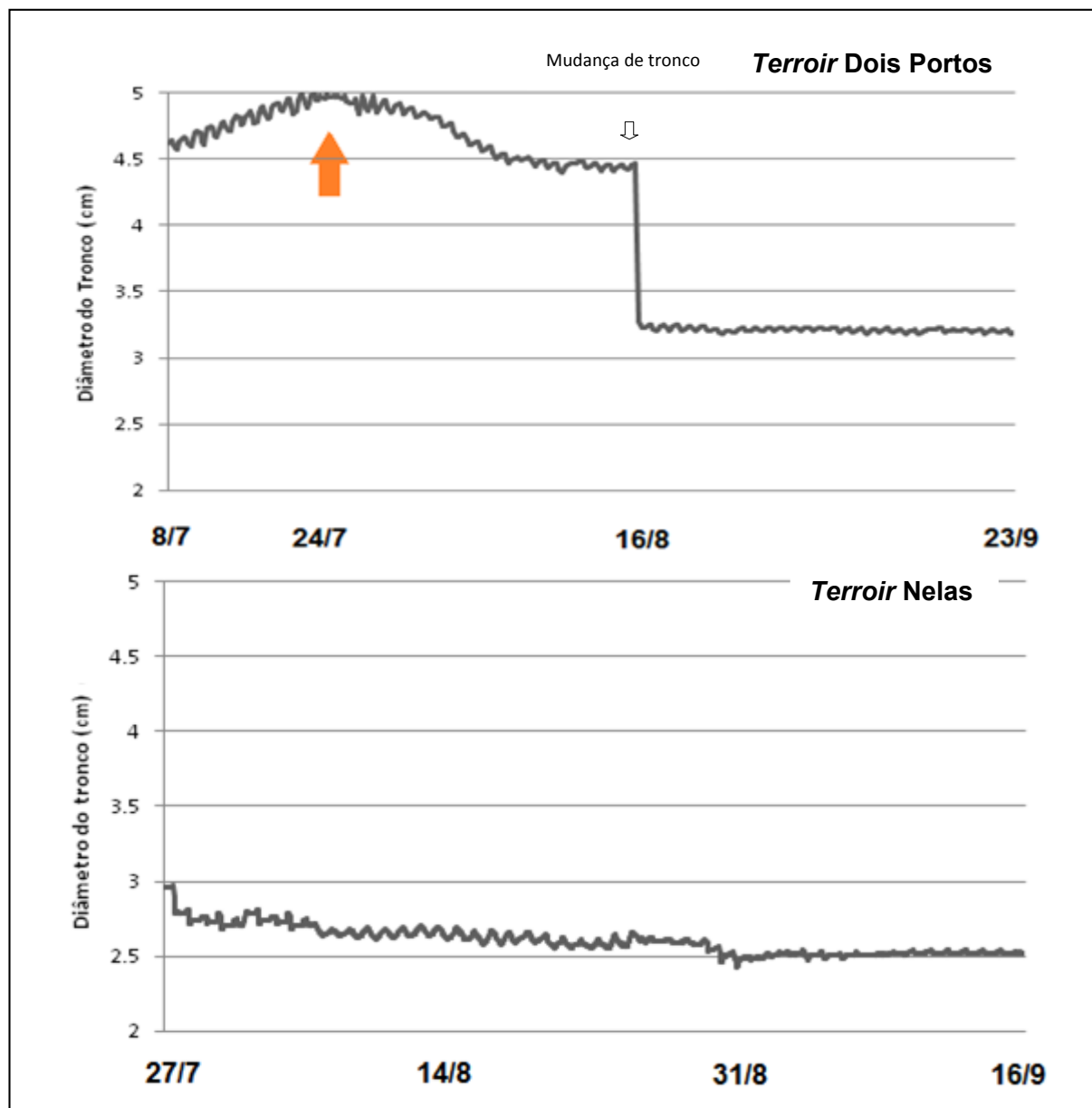


Figura 40– Evolução do diâmetro do tronco, no *terroir* de Dois Portos durante o período de 8 de Julho à 23 de Setembro de 2010 e no *terroir* de Nelas durante o período de 27 de Julho à 16 de Setembro de 2010. O sensor do diâmetro do tronco no *terroir* de Dois Portos foi mudado a sua posição no dia 16/8/2010.

Na figura 41 podemos observar uma grande oscilação ao longo do ciclo estudado (10 a 13 de Setembro de 2010), da variação do diâmetro do tronco, embora alguns dos maiores picos sejam coincidentes com a variação do diâmetro do bago.

Podemos observar na figura 39 e 41, que o aumento da temperatura leva a uma diminuição do diâmetro do fruto e do tronco. Esta diminuição pode ser provocada por um stress hídrico da planta aliado a um aumento da temperatura.

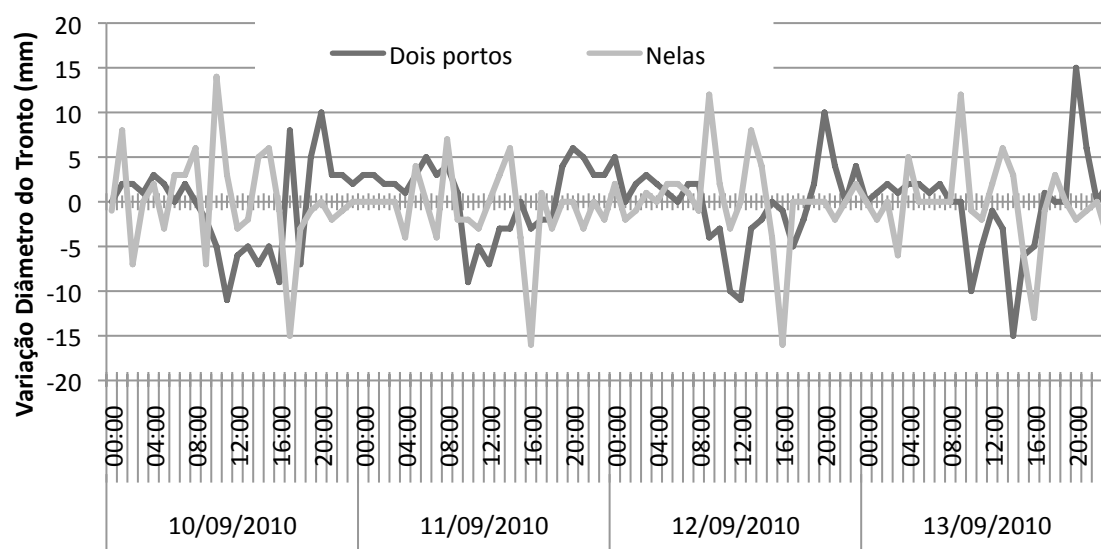


Figura 41- Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na variação do diâmetro do tronco, no início da maturação no período de 10 de Setembro a 13 de Setembro de 2010.

IV.6. – Rendimento e Qualidade

IV.6.1. Evolução da Maturação

Tal como se pode observar na figura 42 verifica-se que quer o teor em álcool provável, quer do pH e da acidez total, apresentaram uma evolução típica em ambos os *terroirs*. Após o pintor verifica-se uma forte acumulação de açúcares, provenientes de diversas fontes (por exemplo da fotossíntese, migrações, transformação de ácido málico em glicose), e diminuição da acidez total, resultante da diluição, neutralização e combustão respiratória dos ácidos orgânicos (Peynaud, 1993). Este fenómeno acentua-se com a temperatura, assim a acidez das uvas maduras é mais baixa nos Verões quentes (Reynier, 1989). O pH está directamente relacionado com a acidez total, levando assim a um aumento no decorrer da maturação.

A vindima ocorreu no caso do *terroir* de Dois Portos 65 dias após o pintor com o valor de álcool provável de 12,5%V/V. No *terroir* de Nelas a vindima ocorreu 57 dias após o pintor o álcool provável à vindima foi de 11,6%V/V. A duração do período do pintor à vindima é mais curta no *terroir* de Nelas, do que no *terroir* de Dois Portos, levando a uma vindima com um teor de álcool provável um pouco inferior. Esta antecipação da vindima no *terroir* de Nelas deve-se as condições meteorológicas esperadas para esse período.

Um *terroir* como é o caso de Nelas pode apresentar um período de maturação mais curto comparando com o *terroir* de Dois Portos, pois as temperaturas mais elevadas ao longo fase de maturação. O stress hídrico moderado após o vingamento, apesar de afectar negativamente a divisão celular do bago reduzindo o seu tamanho final, aumenta a concentração de açúcares (Coombe e MacCarthy, 2000), por outro lado temperaturas superiores a 35°C são inibidoras de fotossíntese aumentam o tempo de maturação (Robinson e Davis, 2000).

Com as alterações climáticas esperadas é possível que exista uma diminuição do período de maturação (McInnes et al., 2003), como podemos observar nos dados das figuras 13 e 14, a tendência da última década é um aumento da temperatura e uma diminuição da precipitação anual. Comparando os dois *terroirs*, Nelas apresenta valores de temperatura mais elevados e uma precipitação anual inferior ao *terroir* de Dois Portos. Como foi possível observar na figura 34^a e 34b, no *terroir* de Nelas verifica-se maior número de dias com temperaturas superiores a 35°C, estas são temperaturas inibidoras da fotossíntese (Calo & Costacurta, 1974) o que leva a paragens de maturação (Robinson e Davis, 2000). No caso

do *terroir* de Dois Portos as temperaturas são mais baixas, logo um aumento da temperatura pode diminuir o tempo de maturação.

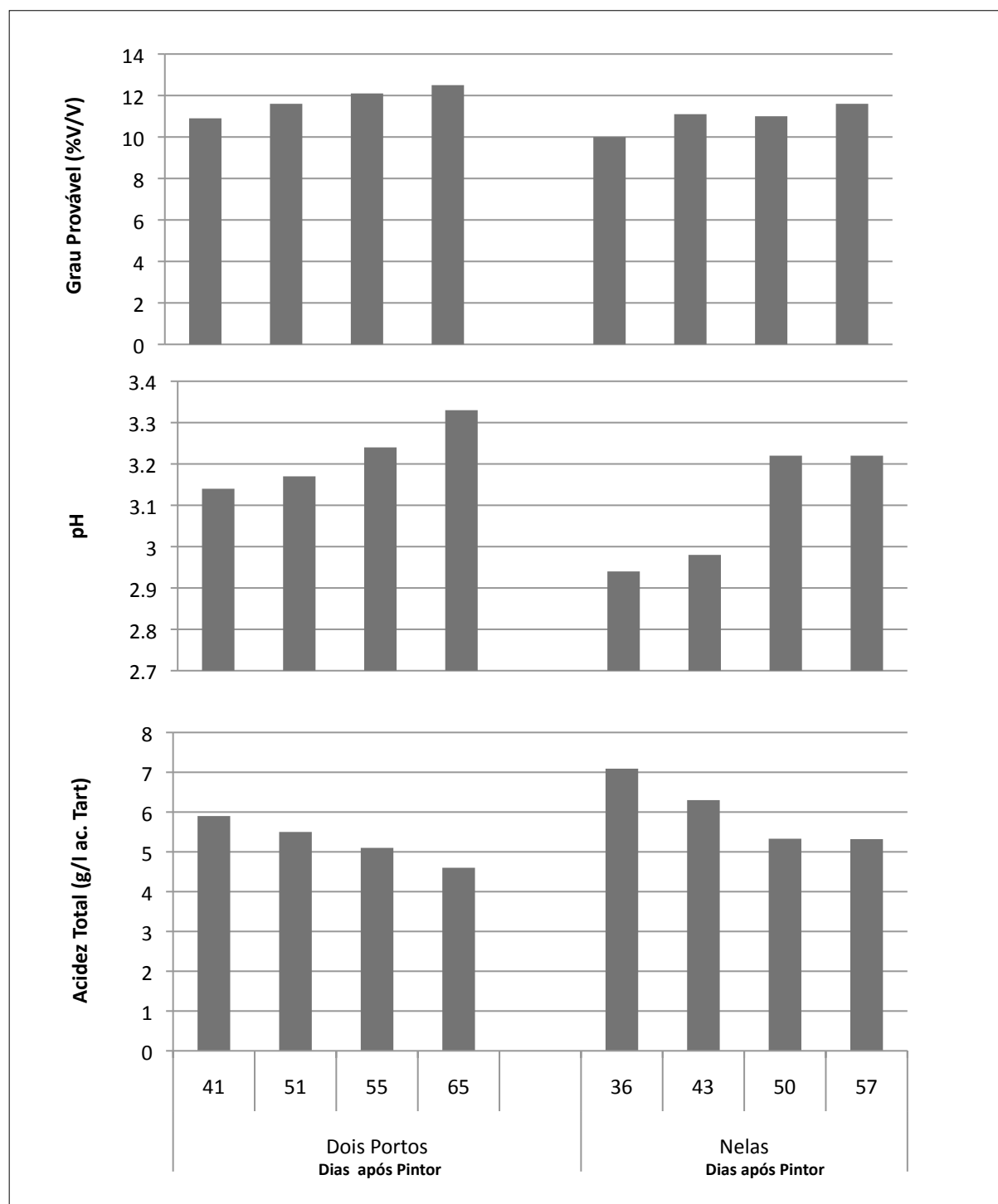


Figura 42 - Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na evolução dos parâmetros grau provável, pH e acidez total. A última medição foi executada no dia da vindima.

IV.6.2. Produção

No quadro 2 podemos observar que o *terroir* de Nelas apresenta valores de produção por hectare inferiores aos registados em Dois Portos. A diferença existente entre os dois *terroirs* ao nível da temperatura e da humidade do solo pode influenciar a produção (Peynaud, 1993; Reynier, 1989). O *terroir* de Nelas apresenta uma fotossíntese inferior a registada em Dois Portos, essa diminuição leva a uma menor quantidade de fotoassimilados (Chaves, 1986), diminuindo assim a produção por hectare no ensaio de Nelas.

Em Nelas o número de cachos por hectare apresentou um valor significativamente superior ao registado em Dois Portos, o que se pode dever à uma maior carga a poda.

Quadro 2 – Efeito do *terroir* (Dois Portos e Nelas) na produção a vindima.

	Dois Portos	Nelas	Sig.
Produção / ha	20 713±1 479	18 180±2 727	*
Número de Cachos / ha	97 647±5 622	116 352±9 999	*
Peso / Cacho	0.208±0.01	0.171±0.01	ns

Nota: Sig. – Significância pelo teste F: ns – não significativo e * - significativo ao nível 0.05.

V. Conclusões

O ensaio de Dois Portos encontra-se no litoral de Portugal continental, na proximidade do oceano Atlântico, esta proximidade influencia o clima da região. No caso do *terroir* de Nelas, este situa-se no centro norte de Portugal, com um relevo acidentado que incute um clima muito particular. Cada um dos ensaios está localizado em regiões com climas muito diferentes, por esse motivo é difícil à comparação entre ambos os *terroirs*.

Na análise do clima nos últimos 10 anos, é notório um aumento da temperatura e uma diminuição da precipitação em ambos os *terroirs*. A região de Lisboa devido à sua localização verifica uma menor amplitude térmica. O *terroir* de Nelas encontra-se no centro do país sendo afectado pelo efeito continental, este factor é responsável pelas temperaturas mais elevadas nos meses mais quentes.

Apesar dos *terroirs* em estudo se encontrarem em latitudes diferentes (Dois Portos - 39°; Nelas - 40°), esta diferença não influenciou a insolação total recebida durante o período abrolhamento - vindima. A redução da precipitação verificada nos últimos 10 anos em ambos os *terroirs*, indica uma redução das disponibilidades hídricas para a planta com prováveis consequências em termos de aumento de situações de stress hídrico. No que diz respeito ao potencial hídrico de base e do ramo indicam um stress ligeiro ao longo do ciclo (1/7 à 13/9) em ambos os *terroirs*.

Este é um trabalho preliminar que necessita de ser mais aprofundado. Em Nelas verificou-se que quando a temperaturas da folha é superiores a 35°C leva a uma inibição drástica da fotossíntese, este facto só ocorreu no *terroir* de Nelas onde o número de dias com temperaturas superiores a 35°C é muito elevado. Em Dois Portos a temperatura da folha só foi superior a 35°C em 2 dos 122 dias analisados. Temperaturas elevadas levam a diminuição do diâmetro do bago, devido às perdas por transpiração ocorrendo em casos extremos a queimadura do cacho.

Os fito-sensores utilizados apresentam algumas limitações, necessitam de um acompanhamento permanente quer no terreno quer em termos informáticos, no caso do dendrómetro do bago, a sua mudança a cada 15 dias não mostra a evolução real ao longo de todo o período estudado.

A evolução da maturação foi idêntica em ambos os *terroirs*, o álcool provável à vindima foi um pouco superior em Dois Portos. No que diz respeito à produção, o *terroir* de Nelas apresentou uma menor produção, isto pode dever-se à menor fotossíntese neste ensaio devido as temperaturas elevadas registadas no ensaio de Nelas.

VI. Referências Bibliográficas

- ANON (1984). EPPO Crop Growth Stage Keys, Echelles OEPP dès stades de développement des plantes cultivées. Grapevine/Vigne, OEPP/EPPO Bulletin 14(2): 295-298.
- ALBRITTON, D. L.; FILHO, L. G. M.; CUBASCH, U.; DAI, X.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; HEWITSON, B.; HOUGHTON, J. T.; ISAKSEN, I.; KARL, T.; FARLAND, M.; MELESHKO, V. P.; MITCHELL, J. F. B.; NOGUER, M.; NYENZI, B. S.; OPPENHEIMER, M.; PENNER, J. E.; POLLONAI, S.; STOCKER, T.; TRENBERTH, K. E. (2001). Technical Summary. In Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK e New York, USA.
- ARCHER, E.; STRAUSS, H. C.; (1990). The effect of vine spacing on some physiological aspects of *Vitis vinifera* L.. S. Afr. J. Enol., 11:76-87.
- BIDLACK, J.; STERN, K.; JANSKY, S. (2003). Introductory plant biology. New York, McGraw-Hill.
- BINDI, M.; FIBBI, L.; GOZZINI, B.; ORLANDINI, S.; MIGLIETTA, F. (1996). Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. Climate Research 7, 213-224.
- BINDI, M.; FIBBI, L.; MIGLIETTA, F. (2001). Free Air CO₂ Enrichment (FACE) of grapevine (*Vitis vinifera* L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO₂ concentrations. Eur. J. Agron. 14:145-155.
- BLANKENSHIP, R.E. (2002). Molecular Mechanisms of Photosynthesis. Blackwell Science Ltd., Oxford, United Kingdom.
- BONNARDOT, V. (2001). Sea breeze mechanism and observations of its effects in the Stellenbosch wine producing area. Winetech. [Acedido em 01 de Dezembro de 2010]. <http://www.wynboer.co.za/recentarticles>.
- BRANDÃO, A. (2006). Alterações climáticas na agricultura Portuguesa: instrumentos de análise, impacto e medidas de adaptação. Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia.
- BRAVDO, B. A.; HEPNER, Y. (1987). Irrigation management and fertigation to optimize grape composition and vine performance. Acta Horticulturae (Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management).
- CALO, A.; COSTACURTA, A. (1974). Sulla reazione delle varietà della specie *Vitis vinifera* L. Ad alcuni fattori ambientali. Rivista di Viticoltura e di Enologia, 27 (1), 5-14
- CAPELLI, N. L. (1999). Agricultura de precisão - Novas tecnologias para o processo produtivo. <http://www.bases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/gipap/capelli.doc> Acedido:15/10/2010.
- CARBONNEAU, A. (1978). Applications de l'étude de la photosynthèse sur différents systèmes de conduite à la sélection de variétés de vigne. Bordeaux. In: Symposium International Amélioration de la Vigne, 2, 1978. Bordeaux. Génétique et Amélioration de la Vigne Paris. France.
- CHAMPAGNOL, F. (1984). Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. Montpellier. France.

- CHAVES, M. (1986). Fotossíntese e repartição dos produtos de assimilação em *Vitis vinifera* L.. Dissertação de doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa 220pp.
- CHAVES, M. M., MAROCO, J. P.; PEREIRA, J.S. (2003). Understanding plant response to drought – from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology* 30: 239-264.
- CHONÉ, X.; LEEUWEN, C.; DUBOURDIEU, D., GUADILLE`RE J.P. (2001). Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Ann. Bot.* 87, 477-483.
- CHUINE, I.; YIOU, P.; VIOVY, N.; SEGUIN, B.; DAUX, V.; ROY E. (2004). Grape ripening as a past climate indicator: *Nature*, 432, 289-290.
- COOMBE, B.G. (1986). Influence of temperature on composition and quality of grapes. *Acta Horticulturae*, Davis, n.206, 23-35. (Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management - 1986).
- COSTA, A. (2003). Uso da água num coberto de *Vitis vinifera* L. Relatório de fim de curso Agronomia, Instituto Superior de Agronomia.
- CONTREIRAS, J. (1992). Fisiologia e Bioquímica da Respiração das Plantas Superiores. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- CRIPPEN, D.; MORRISSON, J.C. (1986). The effects of Sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon Berris. *Am. J. Enol.Vitic.*, 37 (4): 243-247.
- CUBASCH, U.; COAUTHORS, E. (2001). Projections of future climate change. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, and P. J. van der Linden, Eds., Cambridge Univ. Press, 525-582.
- DAUBENMIRE, R. F. (1974). *Plants and Environment*. 3 ed. Wiley, New York. 422 p.
- DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A.; FEDERSPIEL, B.; OJEDA, H., WANG, Z.; COSTANZA, P. (2003). La Vigne et L'eau. *Progrès Agricole et Viticole*. 120, 79-90.
- DUCHÊNE, E.; SCHNEIDER, C. (2005). Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. *Agron. Sustain. Dev.* 24, 93-99.
- DÜRING, H.; KLINGENMEYER, W. (1987). Stomatal control of water use efficiency in two *Vitisvinifera* cultivars. In: *Physiologie de la vigne*, 179-184, O.I.V., Paris.
- EEA - European Environment Agency. (2004). Impacts of Europe's changing climate. Na indicator-based assessment. EEA Report No 2/2004, 107pp. Office of official Publication of the European Communities, Luxembourg.
- EICHHORN, K. W.; LORENZ, D. H. (1977). Phänologische Entwicklungsstadien der Rebe. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, Braunschweig 29:119-120.
- ENOTECA (2010). Descrição de alguns aspectos climáticos, geográficos entre outros. <http://www.enoteca.pt/informacao/regiao.clima> Acedido: 01-07-2010
- FERNANDEZ, J.; BALKAR, J.; MEYER, L. H. (1997). Influencia de la iluminacion sobre la actividade fotosintetica de las hojas de vid cultivada en espaldera. *Turrialba*.

- FOLLAND, C. K.; KARL, T. R.; CHRISTY, J. R.; CLARKE, R. A.; GRUZA, G. V.; JOUZEL, J.; MANN, M. E.; OERLEMANS, J.; SALINGER, M. J.; WANG, S. W. (2001). Observed Climate Variability and Change. In *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK e New York, USA.
- GHIRA, C. (2004). Os vinhos da Estremadura. *Enciclopedia dos vinhos de Portugal*. Chaves Ferreira 1ª edição.
- GLADSTONES, J. (1992). *Viticulture and environment*. Winetitles, Adelaide, South Australia.
- GOVINDJEE, B.; GEST H., ALLEN JF. (2006). *Discoveries in Photosynthesis. (Advances in Photosynthesis and Respiration Series)*. Springer. Berlin.
- GRIFFIN, K. L.; SEEMAN, J. R. (1996). Plants, CO₂ and photosynthesis in the 21 century. *Chemistry and Biology* 3:245-254.
- GRIMES, D. W.; WILLIAMS, L. E. (1990). Irrigation Effects on Plant Water Relations and Productivity of Thompson Seedless Grapevines. *Crop Science*. Volume 30: 255-260.
- HALL, A.; JONES, G. V. (2008). Effect of potential atmospheric warming on temperature based indices describing Australian winegrape growing conditions. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(2):97-119.
- HIDALGO, L. (1980). Caracterización macrofísica del ecosistema medio-planta em los viñedos españoles. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 255p.
- HOOGENBOOM, G.; TSUJI, G. Y.; JONES, J. W.; SINGH, U.; GODWIN, D. C.; PICKERING, N. B.; CURRY, R. B. (1995). Decision Support System to Study Climate Change Impacts on Crop Production. In *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts*, C. Rosenzweig, L.H. Allen Jr., L.A. Harper, S.E. Hollinger e J.W. Jones. ASA Special Publication Number 59. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGUER, M.; MASKEL, K.; JOHNSON, C.A. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HUGLIN, P. (1978). Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. In : *Symposium International sur l'Écologie de la Vigne*, I, Constança, Roumanie, 1978. Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, p.89-98.
- Instituto de Meteorologia (I. M.)*. (2009). <http://www.meteo.pt/pt/enciclopedia/agrometeorologia>. (Acedido: 06/05/2010)
- IPCC (2001). *The Physical Science Basis*. www.ipcc.ch (Acedido:03/10/2010)
- IPCC. (2007). *Intergovernmental Panel of Climatic Change WGII, fourth assessment report*. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm (acesso em 01/10/2010).
- IVV. (2010). Descrição da casta "Touriga Nacional". Disponível em: <http://www.ivv.min-agricultura.pt/np4/np4/362.html>. Acedido: 28 de Junho de 2010.

- JACKSON, D. I.; CHERRY, N. J. (1988). Prediction of a district's grape-ripening capacity using a latitude-temperature index (LTI). *American Journal of Enology and Viticulture*.
- JACKSON, D.I.; LOMBARD, P.B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 44, 409–430.
- JONES, G. V.; WHITE, M.; COOPER, O.; STORCHMANN, K. (2005). Climate change and global wine quality. *Climatic Change* 73, 319-343.
- KLIEWER, W. M. (1973). Berry composition of *Vitis vinifera* cultivars as influenced by photo and nycto-temperatures during maturation. *Journal of the American Society for Horticultura Science*.
- KLIEWER, W. M.; TORRES, R. E. (1972). Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration. *Am. J. Enol. Vitic.* 23 (2), 71-77.
- LAMPINEN, B. D.; SHACKEL, K. A.; SOUTWICK, S. M.; OLSON, W. H.; DEJONG, T. M. (2001). Leaf and canopy level photosynthetic responses of French prune (*Prunus domesitca* L. 'French') to stem water potential based on deWcit irrigation. *J Am Soc Hortic Sci*.
- LOPES, C. (1994). Influencia dos sistemas de condução no microclima do coberto, vigor e produtividade da videira (*Vitis vinífera* L.) Relatório de Doutoramento Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- LOPES, C.; PACHECO, C.; VICENTE-PAULO, J.; RODRIGUES, M^a. L. (1998). Interesse do potencial hídrico foliar de base como indicador da actividade fisiológica da videira. Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo. Actas Évora.
- LOUREIRO, V.; CARDOSO, A. (2004). Os vinhos do Dão. Enciclopedia dos vinhos de Portugal. Chaves Ferreira 1^a edição.
- LONG, S. P.; AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A.; ORT, D. R. (2004). Rising atmospheric carbon dioxide: plants FACE the future. *Ann. Rev. Plant Biol.* 55:591-628.
- MAGALHÃES, N. (2008). Tratado de Viticultura - A videira, a vinha e o terroir. Chaves Ferreira Publicações.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. (2005). Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral, Editora UFV. Viçosa, MG. 451pp.
- MANABE, S.; BRYAN, K.; SPELMAN, M.J. (1990). Transient response of a global ocean atmosphere model to a doubling of atmospheric carbon dioxide. *Journal of Physical Oceanography*.
- MAZZA, G. (1995) Anthocyanins in grapes and grape products. *Critical Review of Food Science and Nutrition*, Madison, v. 35, p. 341-371.
- MEIDNER, H.; SHERIFF, D. W. (1976). Water and plants. Blackie, Glasgow and London.
- MEIJERHOF, J. (2007). A importancia do controlo da temperatura ambiente. Revista científica. *Meteo*. 2010. Clima em Portugal Continental. Disponível em: <http://www.meteo.pt/pt/areaeducativa/otempo.eoclima/clima.pt/index.html>. Acedido: 28 de Junho de 2010.
- MENDONÇA, J. (2005). Alterações climáticas em viticultura, o caso da Estremadura. Relatório de fim de curso de Engenharia Agronómica. Lisboa.

- MENZEL A. (2005). 500 year pheno-climatological view on the 2003 heatwave in Europe assessed by grape harvest dates. *Meteorologische Zeitschrift*. 14(1): 75-77.
- MULLINS, M. G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L.E. (1992). *Biology of the grapevine* (Cambridge University Press: Cambridge).
- NEGRI, A. F.; PRINSI, B.; ROSSONI, M., FAILLA, O., SCIENZA, A.; COCUCCI, M.; ESPEN, L. (2008). Proteome changes in the skin of the grape cultivar Barbera among different stages of ripening. *BMC Genomics* 9: 378.
- OSÓRIO, M. 1994. Fotossíntese e aclimação a temperaturas elevadas em *Lupinus allbus* L. e *Vitis vinifera* L. Relatório de fim de curso Agronomia, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- PARRY, M. L.; ROSENZWEIG, C.; IGLESIAS, A. (1998). Agriculture. In *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*, J.F. Feenstra, I. Burton, J.B. Smith e R.S.J. Tol (ed(s).), pp. 8_1-8_47. Version 2.0. United Nations Environment Programme e Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands.
- PEACOCK, B.; WILLIAMS, L. E.; CHRISTENSEN, P. (1998). Water management irrigation scheduling. University of California. Cooperative Extension.
- PEYNAUD, E. (1993). *Conhecer e trabalhar o vinho*. Litexa Editora, Porto.
- PERCIVAL, D. C.; FISHER, K. H.; SULLIVAN, J. A. (1994). Use of fruit zone removal with *Vitis vinifera* L. cv. "Riesling" grapevines. I. Effects on canopy structure, microclimate, bud survival, shoot density and vine vigor. *Am J. Enol. Vitic.* 45 (2): 123-131.
- PEREIRA, J. M. (2000). Caracterização fisiológica e agronómica de diferentes estratégias culturais para minimizar o stress estival em *Vitis Vinifera* L. na Região Demarcada do Douro. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- PHYTECH. (2010). Descrição de sensores. http://www.phytech.com/products_new.html. Acedido: 29/10/2010
- PINTO, P. A.; BRANDÃO, A. P. (2002). Agriculture. In *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project*, F.D. Santos, K. Forbes e R. Moita. Gradiva, Lisboa, Portugal.
- REDDY, K. R.; e HODGES, H. F. (2000). *Climate Change and Global Crop Productivity*. CABI Publishing, Wallingford, UK. 472 pp.
- REYNIER, A. (1986). *Manual de Viticultura*. Publicações Europa-América, Lisboa.
- RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOUDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. (2006). *HandBook of Enology Vol. I. The Microbiology of Wine and Vinifications*. Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd., England.
- ROBINSON, S.P.; DAVIES, C. (2000) Molecular biology of grape berry ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v. 6, n.2, p. 168-174.
- ROSENZWEIG, C.; IGLESIAS, A. (1998). The use of crop models for international climate change impact assessment. In *Understanding Options for Agricultural Production*, G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom e P.K. Thornton. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

- SANTOS, F. D.; FORBES, K.; MOITA, R. (2002). "Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project", (editors), Gradiva, Lisboa.
- SCHULTZ, H. R. (2000). Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Australian Journal of Grape and Wine Research*.
- SMART, R. E. (1982). Vine manipulation to improve wine grape quality. *Proc. Symp. Grape and Wine Cent. A. D. Webb (ed) Univ. Califórnia, Daves*, 362-375
- SMART, R. E. (1985). Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review, *Am. J. Enol. Vitic.*
- SMART, R. E. (1987). The light quality environment of vineyard. In *Physiologie de la vigne*, OIV Paris, 370-373.
- SMART, R. E. (1988). Shoot spacing and canopy light microclimate. *Am. J. Enol. Vitic.*, 39 (4): 325-33.
- SMART, R. E.; ROBINSON, M. (1991). *Sunlight into wine. A Handbook for Winegrape Canopy Management* Wintitles, Adelaide.
- SOUSA, L. (1985). *Relacao nao exaustiva de trabalhos de ampelografia elaborados no ambito do Instituto Superior de Agronomia ou com a sua colaboração*. Lisboa
- STOUTJESDIJK, P.; BARKMAN, J. J. (1987). *Microclimate, Vegetation and Fauna*. Opulus, Uppsala.
- STOEV K. & SLAVTCHEVA T. (1982). La photosynthese nette chez la vigne (*Vitis vinífera* L.) et les facteurs écologiques. *Conn. Vigne vin*.
- TEIXEIRA, A. N.; RICARDO, P. (1983). *Fotossíntese*. Didática Editora, Lisboa.
- TOMANA, T.; UTSUNOMIYA, N.; KATAOKA, I. (1979). The effect of environmental temperatures on fruit ripening on the tree. II. The effect of temperatures around whole vines and clusters on the colouration of 'Kyoho' grapes. *Journal of the Japanese Society of the Horticultural Science*.
- TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. (1998) Facteurs mésoclimatiques de la typicité du raisin de table de l'A.O.C. Muscat du Ventoux dans le Département de Vaucluse. *Progrès Agricole et Viticole*, v.115, n.12, 271-279.
- WEBB, L.B.; WHETTON, P.H.; BARLOW, E.W.R. (2007). Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 13, 165–175.
- WILLIAMS, L.E.; ARAUJO, F.J. (2002). Correlations among predawn leaf, midday leaf and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *vitis vinífera*.
- WINKLER, A.J.; COOK, J.A.; KIEWER, W.M.; LIDER, L.A. (1974). *General viticulture*. Berkeley, University of California.
- ZOECKLEIN, B. W.; WORLF, T. K.; DUNCAN, N. W.; JUDGE, J.M.; COOK, M. K. (1992). Effects of fruit zone leaf removal on yield, fruit composition, and fruit rot incidence of chardonnay and white riesling (*Vitis vinífera* L.) Grapes. *Am. J. Enol. Vitic.*